최 종
연구보고서

식물공장생산 방식에 의한 미나리의 재배기술 개발

Development of water dropwort cultivation by plant factory production system

연구기관

서 울 대 학 교
목 포 대 학 교

농 림 부

11

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “식물공장생산 방식에 의한 미나리의 재배기술 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11.

주관연구기관명 : 서울대학교 농업생명과학대학

총괄연구책임자 : 이 병 일(서울대학교 원예학과)

협 동 연 구 자 : 김 병 운(목포대학교 원예육종학과)

요 약 문

Ⅰ. 제목

식물공장생산 방식에 의한 미나리의 재배기술 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

미나리는 재배 특성상 현재의 영양번식 방법으로는 연중 양질의 균일한 모종을 확보하기가 곤란하므로 앞으로의 미나리의 생산은 전적으로 밭재배나 시설에 의한 재배로 전환되어야 하고 이를 위해서는 번식방법의 개선이 시급히 요청된다.

그러므로 본 연구는 미나리 종자의 효율적인 채종방법, 미나리의 품질향상을 위한 환경조절의 효과 구명 및 식물공장 생산방식에 적합한 양액재배 방식을 구축함으로써 관행의 미나리 재배방식에서 영양번식법에 따른 번식의 어려움과 농업용수의 오염에 의한 청정성의 결여 등을 극복하고 종자를 이용한 미나리의 재배기술을 확립하기 위하여 실시하였다.

미나리의 청정재배를 용이하게 할 수 있는 본 연구의 기술이 곧바로 농민에게 보급됨으로써 주년적인 생산이 가능해져 기존의 재배방식에서 불가피하게 발생하였던 단경기에 생산이 원활해지고 이에 따라 잠재소비가 증가하여 농가소득증대를 꾀할 수 있을 뿐만 아니라 작부체계의 다양화에 크게 기여할 것이다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 식물공장생산 방식에 의한 미나리의 재배기술 개발을 위해 수행되었으며, 세부적인 연구수행 내용으로는 첫째 실생미나리 번식을 위한 채종효율제고를 위한 연구, 둘째 미나리의 내·외적 품질향상을 위한 연구, 셋째 미나리 양액재배 시스템 개발로 구성되어 있다.

채종효율제고를 위한 연구에서는 현재 우리나라의 각 지방에서 자생하고

있는 미나리를 수집하고 채종효율 특성을 비교하여 우수계통을 선발하고, 그 우수계통에 대하여 paclobutrazol 처리에 의한 채종효율 증대효과를 검증하였다. 그리고 채종을 위한 실생미나리의 육묘시 적정육묘 배지의 개발과 효율적인 관수시스템 및 적정 시비법을 구명하였다.

미나리의 품질향상을 위한 연구에서는 시설내에서의 미나리의 양액재배시 여러 환경조건을 구명하여 양질의 미나리를 생산하기 위해 보광처리, 차광처리 및 보광하에서의 광질처리의 효과를 구명하였으며, fog 처리에 의한 생육효과도 검증하였다.

시설내에서 중요하게 대두되고 있는 $CO2$ 처리의 효과를 검증하여 최적 $CO2$처리농도 및 조건을 구명하였다. 또한 엽채류 내적품질의 주된 지표로 인식되고 있는 질산태질소의 저감에 관한 연구를 수행하여 실용적인 품질개선 방법을 개발하였고, 현재 농가에서 많이 채택하고 있는 밭미나리 재배시 적정재식간격 및 재식주수를 밝혀 최적 재배조건을 구명하였다.

미나리의 양액재배 시스템의 개발을 위하여 양액재배시 적정재식간격 및 혈당재식주수의 구명실험을 수행하였고, 적정양액공급방식을 구명하기 위하여 NFT, DFT, 분무경 system을 구축하여 시스템간의 생육효과를 검증하였으며, 적정급액주기를 구명하였다.

Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

다년간의 연구를 통하여 실생미나리 번식법에 의한 시설내 양액재배 시스템의 개발을 달성하였고 이는 기존의 재배방식에 비하여 월등히 진보된 것으로 생각된다. 하지만 이의 광범위한 보급과 이용을 위해서는 미나리에 대한 소비자의 인식전환과 다양한 이용법의 개발로 소비의 대폭적인 증가가 필요하고 이와 더불어 정부주도의 농산물 유통 합리화에 대한 노력이 필요하다.

SUMMARY

Conventionally, water dropwort has been cultivated in paddy fields after rice harvest. Thus, conventional method which was labor-intensive and usually conducted by old people in cold winter needs to be improved. Hydroponic culture with seed propagation is labor-saving compared to conventional method and can be conducted regardless of time and location which enables year-round production. Besides, hydroponic culture is safe from contamination by possible toxic elements like pesticides and heavy metals which can matter in the conventional method.

This research was conducted to investigate the optimum condition for seed propagation of water dropwort and to establish an efficient hydroponic system. The results were as follows.

1. Diverse variations were found among 119 lines from U.S.A., Japan and Korea, and their growth, flowering, seed harvesting and disease-tolerance were compared. Among 13 lines from Boseong local cultivar which produced more seeds than those from the other regions, 9 lines were selected for their high fertility and good seed harvesting characteristics. Paclobutrazol was effective in reducing lodging and stolon development, but delayed the flowering time and reduced the yield of seed harvesting.
2. pH in leachate from peat-moss, Baroker, and vermiculite bed soils were acidic, weak acidic, and alkaline, respectively. The germination percentage was highest in vermiculite or its mixture with the other bed soils. Growth of water dropwort seedlings were favorable with Baroker bed soil or its mixture with vermiculite but unsatisfactory with perlite or peat-moss.
3. The seed priming of water dropwort was effective in the rate of germination but the effect in PEG solution was not significantly higher than that in each salt solution. The seed priming in salt solutions was more effective in germination time and uniformity than that in PEG solution. The seed priming in 6% Ca(NO3)2 solution for 3 days at 1 5℃ was the most effective in improving germination rate. The largest reduction in germination time by priming treatment occurred in 4%

KH_2PO_4 solution for 3 days at 15℃. While non-primed seeds did not emerge at all, primed seed in 4% KH_2PO_4 solution for 3 days at 15℃ protruded the radicle in 3 days after sowing. The emergence time and emergence uniformity was not affected by priming. The emergence time was significantly reduced by priming in 4% KH_2PO_4 and 4% KNO_3 solution for 3 days at 15℃. The fresh weight of seedling increased by priming in 4% KNO_3 and 6% $Ca(NO_3)_2$ solution for 3 days at 15℃.

4. The effect of supplemental lighting on the growth of hydroponically grown water dropwort at the early or middle growth stage was not significantly different. Shading more than 50% excessively retarded growth, but control(0%) and 20% shading were effective. Fluorescent, incandescent and mercury lamp promoted the growth of water dropwort in the light quality experiment. Fog treatment was not effective in the growth of water dropwort grown hydroponically.
5. The CO_2 saturation concentration of *O. stolonifera* DC. seedling at 25℃ was proved to be 1500μL/L. As CO_2 concentration increased up to 2200μL/L, photosynthetic rate increased but stomatal conductance and transpiration rates decreased. The photosynthetic rate was significantly increased by CO_2 application under high light intensity of 320μ$Em^{-2}sec^{-1}$. The effect of CO_2 concentration on photosynthetic rate and transpiration rate was much higher in seedlings. As high concentration of CO_2 between 1500 and 2200μL/L was applied, photosynthetic rate of water dropwort decreased in 100 μ$Em^{-2}sec^{-1}$, while dark respiration increased. Under 2200μL/L CO_2 application, plant height was longest through the whole phases of growth; T/R ratio, leaf area and specific leaf weight in CO_2 application were significantly higher than control during the late phase of growth.
6. The growth of hydroponically grown water dropwort was most favorable in An's solution but nitrate content was very high, which was 3,371 and 3,410mg/kg•FW in winter and summer, respectively. When cultured in conditioning solution, the nitrate content reduced to 840(24.9%) and 640mg/kg•FW(19.8%) in winter and summer, respectively. In tap water, severe nutrient deficiency appeared and foliar application of urea solution was not effective. In 6me/L chloride

and 3me/L ammonium substituted solution, growth was similar to control, but nitrate content was still 60% of control, while root was decayed because of sudden pH decline. Daylength extension during conditioning period was more effective on shoot growth than on root growth, while chlorophyll and nitrate content was not significantly changed. When chloride was added with ammonium during conditioning period, the higher was ammonium concentration in solution, the poorer the root growth. Nitrate content was not reduced significantly but chlorophyll content and visual quality were improved with 0.5me/L ammonium supply. Nitrate and chloride content in water dropwort showed significantly negative correlation and so did between nitrate content and fresh or dry weight.

7. With the decrease in planting distance, plant height increased and the number of stolons decreased. But adequate increase in planting distance helped photosynthesis due to enlarged canopy. Specifically, 15×5cm with 4 plants per hole in the spring and 10×10cm with 4 plants per hole in the autumn produced the highest yield in hydroponically grwon water dropwort. Therefore, increase in planting distance within the range of optimum photosynthesis would be favorable for increasing the yield.
8. EC change was small for all systems except for deep aeroponics(80cm) while pH was more variable with hydroponics rather than with aeroponics. Aeroponics was more effective in growth and development of water dropwort than NFT and DFT. The growth of water dropwort was significantly higher in shallow bed(40cm) than deep bed in aeroponics. Growth and development of shoots were favorable in shallow bed but root growth was unsatisfactory in DFT. Chlorophyll content showed no differences among systems. Measured under natural condition, photosynthesis efficiency in NFT and deep aeroponics was highest at 10th day after planting, but measured under artificial light, it showed no difference between systems at 25th day after planting.

CONTENTS

목 차

제 1장 서론

제 1절 연구개발의 목적

미나리는 독특한 향기를 가지고 있는 산형화과 채소로서 나물이나 김치 또는 탕의 재료로 이용되며 특히 근래에 녹즙채소로의 이용이 날로 증가하고 있는 추세이다. 그런데 미나리는 주로 논에서 재배되고 있어 예전에는 거머리 때문에 일부 이용이 기피되어 왔고, 요즈음 미나리는 주로 도시근교의 오염된 지역에서 재배되고 있기 때문에 미나리 자체가 오염될 위험성이 커지고 있다. 또한 미나리는 영양번식방법으로 증식하여 재배하기 때문에 그 과정에서 다른 작물에 비하여 작업조건이 월등히 불리하여 겨울철 혹한기의 수확시 수중으로부터 수확해야 하는 어려움 때문에 노동력의 확보가 매우 어려운 실정이다. 따라서 재배 특성상 현재의 영양번식 방법으로는 연중 양질의 균일한 모종을 확보하기가 곤란하므로 앞으로의 미나리의 생산은 전적으로 밭재배나 시설에 의한 재배로 전환되어야 하고 이를 위해서는 번식방법의 개선이 시급히 요청된다.

그러므로 본 연구는 미나리 종자의 효율적인 채종방법, 미나리의 품질향상을 위한 환경조절의 효과 구명 및 식물공장 생산방식에 적합한 양액재배방식을 구축함으로써 관행의 미나리 재배방식에서 영양번식법에 따른 어려움과 농업용수의 오염에 의한 청정성의 결여 등을 극복하고 종자를 이용한 미나리의 재배기술을 확립하기 위하여 실시하였다.

제 2절 연구개발의 내용 및 범위

본 연구는 식물공장생산 방식에 의한 미나리의 재배기술 개발을 위해 수행되었으며, 세부적인 연구수행 내용으로는 첫째, 실생미나리 번식을 위한 채종효율제고 연구, 둘째, 미나리의 내·외적 품질향상을 위한 연구, 셋째, 미나리 양액재배 시스템을 위한 연구로 구성되어 있다.

채종효율제고를 위한 연구에서는 현재 우리나라의 각 지방에서 자생하고 있는 미나리를 수집하여 채종효율 특성을 비교하여 우수계통을 선발하고,

그 우수계통에 대하여 paclobutrazol 처리에 의한 채종효율 증대효과를 검토하였다. 그리고 채종을 위한 실생미나리의 육묘시 적정육묘 배지의 개발과 효율적인 관수시스템 및 적정 시비법을 구명하였다. 미나리 종자의 발아균일도 및 속성발아를 위한 priming 처리의 효과를 검토하였다.

미나리의 품질향상을 위한 연구에서는 시설내에서 미나리의 양액재배시 여러 환경조건을 구명하여 양질의 미나리를 생산하기 위해 보광처리, 차광처리 및 보광하에서의 광질처리의 효과를 구명하였으며, fog 처리에 의한 생육효과도 검토하였다.

시설내에서 중요하게 대두되고 있는 CO2 처리의 효과를 검토하여 최적 CO2 처리농도 및 조건을 구명하였다. 또한 엽채류 내적품질의 주된 지표로 인식되고 있는 질산태질소의 저감에 관한 연구를 수행하여 실용적인 품질 개선 방법을 개발하였다.

미나리 양액재배 시스템의 개발을 위하여 양액재배시 적정재식간격 및 혈당재식주수의 구명실험을 수행하였고, 적정양액공급방식을 구명하기 위하여 NFT, DFT 및 분무경 system을 구축하여 시스템간의 생육효과를 검토하였으며, 적정급액주기를 구명하였다.

제 3절 파급효과

미나리는 한국인이 애용하는 고유한 채소로서 농산물개방에 대처하기에 유리한 작목으로 고소득작물로 보급될 수 있으며, 엽채류 재배기술의 전형적인 모델로서 본 연구기술 개발을 바탕으로 다른 작목의 재배기술의 개선에도 파급효과가 인정된다.

또한 시설내 양액재배를 통하여 각종 오염원이나 병해충으로부터 보호할 수 있고, 청정성이 보장되므로 국민의 보건에 이바지할 수 있다.

현재 우리나라 미나리 재배면적인 1,200정보를 300평규모의 시설 1000여개로 대체가능하며, 실생번식방법의 확립 및 보급에 따라 부수적으로 육묘공장이 발전하고, 안정적인 생산공급으로 유통이 활성화될 수 있다.

다른 채소작물의 경우에는 기상조건의 영향을 크게 받아 가격의 변동이 심하기 때문에 소득이 불안정하지만 미나리의 식물공장 생산방식은 기상에 크게 구애받지 않으므로 생산공급의 안정화를 꾀하여 단일품목으로서는 물가변동을 최소화할 수 있다.

미나리의 청정재배를 용이하게 할 수 있는 본 연구의 기술이 곧바로 농민에게 보급됨으로써 기존의 재배방식에서는 곤란하였던 단경기 생산성을 극복하여 주년생산이 가능해지기 때문에 잠재소비가 증가하고 농가소득증대를 꾀할 수 있을 뿐만 아니라 작부체계의 다양화에 크게 기여할 것이다.

제 2장 채종효율제고를 위한 연구

제 1절 채종우량계통의 선발 및 paclobutrazol 처리에 의한 채종효율제고 시험

1. 서론

시설내에서 청정하고 품질이 높은 미나리를 계속적으로 생산하기 위해서는 무엇보다도 수경재배에 필요한 종자를 다량으로 쉽게 확보할 수 있는 효율적인 채종체계가 필요하다. 지금까지 미나리 채종을 위한 밭재배는 논재배방식을 그대로 옮겨놓은 형태라서 포복경이 번무하고 채종효율이 매우 떨어지는 실정이다. 또 기존의 미나리는 논에서 재배되어 왔기 때문에 수경재배라는 새로운 작형에 알맞는 품종이나 계통을 선발하고 확보해야 하는데, 이를 해결하기 위해서는 지방자생종으로부터 포복경 발생이 적고 과번무하지 않으며 도복성과 탈입성이 적은 수경재배에 적합한 계통이나 품종을 선발 혹은 육성하는 것이 무엇보다 중요하다. 그렇지만 우량계통 선발 및 육성은 상당히 오랜 기간을 요구하기 때문에 직접적이고 단기간에 이용하기는 어렵다. 따라서 농업에 많이 이용되고 있는 생장억제제(paclobutrazol)의 처리로 지나친 과번무를 막으며 채종효율을 높이는 연구도 병행되어야 할 것이다. 이를 위해서는 미나리 채종에 적합한 생장억제제의 처리농도와 처리시기 등을 구명해야 할 것이다.

2. 재료 및 방법

가. 지방 자생 미나리 수집 및 우수계통 선발

각 지방에서 자생하고 있는 미나리와 미국 및 일본에서 자생하고 있는 미나리를 총 119 계통을 수집하여 플라스틱포트에 심어 유지하였고, 미나리 전용양액인 안우범액(안과이. 1991)을 1/2배로 희석하여 일주일 간격으

로 관주하였다. 주요 형질로 5월부터 초세, 바이러스 및 녹병에 대한 내병성, 개화의 조만 및 종자의 충실도, 임실율, 탈립성 등을 조사하였다.

나. 보성 지방종 실생으로부터의 채종우수계통선발 및 영양계통간 비교

Fig. 1. The culturing landscape of comparison among clones selected 'BoSung' local variety.

서울대학교 부속농장의 미나리 채종포에서 보성지방종 실생으로부터 육종 소재로서 가치가 있다고 판단되는 13개의 영양계통을 선발하여 겨울 동안 clone으로 유지하다가 4월 29일 정식하였다. 기비로서 퇴비 1,000 kg/10a, 질소 21.1, 인산 15.0 및 가리 20.0 kg/10a 수준으로 시비하였으며, 추비는 시비하지 않았다. 제초작업과 병충해 방제는 기존 관행을 따랐다. 기본적인 생육조사와 채종 시 문제가 되는 번무성, 도복성, 탈립성과 채종량, 천립중을 조사하였다. 13개 계통중 육종소재로서 가치가 있다고 판단되

는 9개 계통을 10월 초에 다시 선발하여 각각 모래상에 삽목하여 영양계로 유지하였다.

다. Paclobutrazol 처리에 의한 채종효율제고 시험

Fig. 2. The landscape of water dropwort treated by paclobutrazol.

농과대학 부속농장 미나리 채종포에서 채종한 종자를 공시하여 3월 3일에 plug tray에 파종하고 가온이 되는 플라스틱하우스에서 60일 동안 육묘한 후 4월 29일 서울대학교 농과대학 부속농장에 정식하였다. 시험포의 이랑 너비는 90cm로 하고 관수호스를 넣은 다음 비닐로 멀칭하였다. 이랑당 두 줄로 정식하였고 정식간격은 30cm, 재식주수는 1주로 하였다. 기비로는 퇴비 1,000 kg/10a, 질소 21.1, 인산 15.0 및 가리 20.0 kg/10a 수준으로 시비하였으며, 추비는 별도로 시용하지 않았다.

잡초와 병충해방제는 기존 관행에 따랐으며, 관수횟수는 평균 1주일에 한번으로 실시하였다. Paclobutrazol 처리는 적정 처리시기를 결정하기 위해 개화 1개월 전인 6월 10일, 개화 직전인 7월 6일에 각각 처리하였다. 처리수준은 전자의 경우 0, 10, 25, 50, 100ppm을 처리하였으며, 후자의 경우 10, 25, 50ppm을 처리하였다. 7월 6일부터 도복 및 개화정도를 조사하였으며 도복률 및 개화율은 처리구내 도복 및 개화 한 주수를 전체 주수로 나누어 백분율로 나타내었다. 일주일 간격으로 채종하였으며, 각 처리구에서 화방당 종자수, 수확된 총화방수, 단위면적당 채종량을 및 천립중을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 각 지방자생미나리 수집 및 우수계통 선발

각 지방자생미나리의 수집은 미국, 일본, 국내 등 각 지방에서 총 119계통을 수집하였으며, 생육, 개화 및 채종 특성을 조사하였다. 표 1에서 보면 각 지방종별로 주요특성에서 많은 차이가 나고 있음을 볼 수 있다. 초세에 있어서 광양지방종은 직립하는 습성이 강하고, 순천지방종은 지그재그형으로 자라는 습성을 보였다. 포복경 길이는 공주지방종 등이 130cm 이상으로 매우 긴 특성을 보인 반면, 삼척지방종 등은 30cm 이하로 매우 짧은 특성을 보였다. 김포지방종을 포함한 몇몇 지방종에서 녹병과 바이러스에 대한 저항성이 강한 것으로 조사되었다.

개화기는 봉화지방종이 만기개화하는 습성을 갖고 있는 반면, 군산지방종 등은 조기개화하는 습성을 보였다. 화총수에서는 지방종 간에 큰 차이를 보였는데, 식물체당 1개에서부터 15개까지 다양한 양상을 보였다. 하나의 소화총에 개화하는 소화수도 지역별로 대략 40-50개의 차이가 있었다.
제 1 화총의 화륜직경이 큰 보성지방종 등이 예상대로 소화총의 화수가 많고, 화륜경이 작을수록 소화총에 달리는 화수가 적은 것을 알 수 있었다.
임실율에서도 지역별로 차이가 있었는데, 종자충실도가 우수하고 탈립성도 적은 지방종은 옥구, 의성, 그리고 청양지방종 등이었다. 옥구와 통영지방종 등에서 알 수 있듯이 대체로 종자충실도가 좋을수록 임실율 면에서는 낮은 경향이었다. 그리고 화총수가 적은 창녕지방종 등에서 임실율도 낮은

편이었다. 남양주지방종 등은 탈립이 잘되지 않아서 채종에 유리한 특성을 가지고 있는 것으로 조사되었다.

Table 1. Comparison of main characteristics among collected water dropwort local variety.

Characteristic		Local varietyz
Vigor	upright type	Kwangyang
	Z type	Sunchun
Stolon length	long(≥130cm)	Kongju, Bosung, Seungju
	short(≤30cm)	Samchuck, Yungwol1, Okku
Superiority of resistance to virus and rust		Kimpo, Namyangju, Suwon, Yungwol, Yungdong, Yungchun, Woolsan, Pyung chang,
Time to blooming	early flowering	Kunsan, Namyangju, Myungju, Bongwha, Pusan, Buyu, Sokcho. Yungdong, Changsu, Chunju
	late frowering	Bongwha
No. of flower cluster	large	Kwangyang, Dangjin, Sunchang2, Ibaraki, Jaechun, Chungju
	small	Kunsan, Kimjae, Namyangju, Muan, Boeun, Buyu, Yungdong, Yungam, Yungwol2, Eumsung, Chunju, Cheju, Jinyang1, Jinyang2, Changnyung, Chunan, Hwasung2
No. of floret/ flower cluster	large(≥35)	Bosung, Sunchang1, Ibaraki, Hwasung1
	small(≤15)	Koje, Namyangju, Woolleung, Jinan, Changnyung
Cluster diameter	big(≥9cm)	Konju, Bosung, Seungju, Chilkok
	small(≤3.5cm)	Samchuck, Yungwol, Okku
Earliness of seed harvesting (≥170 days)		Kongju, Bonghwa, Yungyang, Ckhulwon, Chungwon
Seed fertility rate	high(≥50%)	Kunsan, Kimpo, Kimhae1, Kimhae2, Pusan, Buyu2, Changsu
	low(≤50%)	Bonghwa, Suwon, Okku, Changnyung, Tongyung1, Tongyung2, Pyungchang
Low seed drop		Namyangju, Muan, Yungdong, Okku, Eusung, Cheju, Jinchun, Chungyang, Tongyung1
Superiority of seed maturation		Kunsan, Bonghwa, Okku, Woolleung, Woolsan, Eusung, Chungyang, Tongyung, Hadong

z Superscript number indicate selecting rank of local variety

지방자생종간 다양한 유전변이가 존재하므로 금후에 미나리 품종육성시 육종소재로서 이용될 수 있는 충분한 가능성이 있다고 생각된다.

나. 보성지방종으로부터 우수계통 선발 및 영양계통간 비교

표 2는 보성지방종 실생으로부터 선발한 13개 영양계통을 4월말 포장에 정식하고, 그 중에서 육종소재로서 가치가 있다고 판단되어 선발한 9 계통의 생육특성 및 채종특성을 나타낸 것이다.

Table 2. The comparison of growth and seed-harvesting characteristics among water dropwort.

Local cultivar	Plant height (cm)	Stem length (mm)	Degree of over growing[x]	Degree of lodging[y]	Degree of seed drop[z]	Amount of seed harvest (ml/m2)	1000 seed weight (g)
A7	107.3	13.6	2	3	3	107.3	1.42
A9	124.7	14.6	4	4	3	150.1	1.65
C3	115.3	14.1	3	2	1	110.2	1.46
E6	114.0	13.8	5	5	4	120.1	1.53
F1	160.0	14.7	3	2	3	140.6	1.50
S1	73.3	14.1	1	1	3	86.5	1.19
X1	88.3	14.3	2	2	2	135.5	1.63
Z7	114.0	13.8	3	3	3	145.4	1.50
U.S.A. derived	70.7	7.0	1	1	-	-	-

x, y, z 1: not severe 3: average 5: severe

초장에 있어서는 F1 계통과 A9 계통이 컸고, S1 계통과 미국산미나리가 작았으며, 나머지 계통간에는 커다란 차이가 없었다. 경경은 미국산미나리에서 가장 작았고, 나머지에서는 커다란 차이가 없었다. 포복경 및 측지발생량에 따른 번무정도는 S1 계통과 미국산미나리에서 가장 낮았다. 도복정도는 번무정도와 비슷한 경향을 보였는데 S1 계통과 미국산미나리에서

도복을 거의 하지 않는 것을 알 수 있었다. 초세가 좋고 채종량이 많은 A9과 E6 계통은 번무 및 도복정도가 심하였다. 탈립정도는 C3 계통에서 가장 낮게 나타났으며 나머지 계통들은 비슷한 탈립정도를 나타내었다. 채종량은 A9과 F1 계통에서 높았으며 S1 계통에서 가장 낮은 결과를 보였다.

미국산 미나리에서는 개화는 물론 화아분화도 하지않는 특이한 개화특성을 보였다. 천립중은 A9과 X1 계통에서 높은 수치를 보여 충실도가 높았고, S1 계통에서 가장 낮은 수치를 보여 충실도가 좋지 않은 것을 알 수 있었다. 위의 결과를 종합하면 초세가 좋으면서 채종량이 많은 계통들은 과번무 및 도복이 잘되는 단점을 갖고 있는 반면에, 단간이면서 도복을 하지않는 계통은 채종량이 적고 종자충실도가 떨어지는 경향을 보였다. 현재는 채종량이 많은 계통쪽으로 선발육종을 하고 있으나 앞으로 교잡육종을 통한 품종육성시에는 각 계통이 개별적으로 갖고 있는 내도복성, 저탈립성 등, 우량한 유전적 형질을 가지고 있으면서 채종량이 많은 계통을 도입할 수 있을 것으로 생각된다.

다. Paclobutrazol 처리에 의한 채종효율제고 시험

표 3은 채종포에서 6월 10일에 paclobutrazol을 각각 0, 10, 25, 50 및 100 ppm 수준으로, 7월 6일에는 10, 25 및 50ppm 수준으로 각각 처리한 후, 9월 20일 생육조사한 결과이다.

6월 10일 처리구의 경우, 초장은 농도가 높을수록 짧아지는 경향을 나타냈으나 7월 6일 처리구의 경우 대조구보다는 작았지만, 6월 10일 처리구보다 그 처리효과가 뚜렷하지 않을 뿐만 아니라 처리농도 간에 뚜렷한 차이가 없었다. 7번째 마디까지의 경장은 초장과 비슷한 경향을 나타냈다. 도복에 큰 영향을 주는 것으로 알려진 경경은 처리구에서 대조구보다 약간 작아지는 경향을 보였다. 미나리 포장에서 과번무의 주요인이 되는 포복경의 발생수는 대조구와 처리구간 차이가 없었으나, 포복경 길이는 처리구가 대조구에 비해 짧아졌다. 또한 6월 10일 처리구에서 7월 6일 처리구보다 포복경의 길이를 억제하는데 효과적이었다. 포복경의 건물중도 길이와 비슷한 경향을 보였다.

Table 3. The effect of spray time and concentration of paclobutrazol on growth of water dropwort.

Paclobutrazol concentration (ppm)	Plant height (cm)	Stem lengthx (cm)	Stem diametery (mm)	No. of internode	No. of stolons	Stolon length (cm)	Dry weight of stolon (g)
				10 June			
0	131.2 az	37.8 a	14.6 a	17.1 a	4.2 a	144.1 ab	132.1 a
10	98.6 c	26.3 b	14.9 a	15.1 b	4.2 a	130.0 b	90.2 b
25	86.3 d	15.4 c	12.3 b	14.9 b	4.0 a	125.2 b	60.1 bc
50	84.6 d	12.9 cd	13.3 b	14.3 b	4.0 a	114.9 bc	53.4 c
100	74.6 d	10.6 d	12.9 bc	14.2 b	4.0 a	96.7 c	49.9 c
				6 July			
10	110.1 bc	38.1 a	14.0 ab	16.5 ab	4.3 a	151.7 a	120.7 ab
25	112.0 b	37.3 a	14.0 ab	15.5 b	4.2 a	151.5 a	118.3 ab
50	103.8 bc	28.3 b	13.7 b	15.6 b	4.2 a	142.1 ab	95.2 b

x The length from first to 7th internode
y Second internode
z Duncan's multiple range test, p=0.05

그림 3은 6월 10일 처리구의 도복율을 7월 6일부터 8월 10일까지 1주일 간격으로 살펴본 것이다. 대조구의 경우 7월 13일부터 20일까지 일주일동안 집중적으로 도복이 되었는데 이것은 금년의 장마가 이 시기에 겹쳐서 많은 강우와 바람으로 인해 도복이 많이 된 것으로 생각된다. 대조구에서 7월 27일에 100% 도복된 반면 10ppm 처리구의 경우 55% 정도가 도복되었다. 그러나 2주 후인 8월 10일에는 90% 이상 도복하여 대조구와 큰 차이가 없었다. 7월 20일에 대조구가 85% 이상 도복된 반면에 25ppm, 50ppm, 100ppm 처리구의 경우에 6% 미만의 도복율을 보였으며, 8월 10일을 기준으로 각각 50%, 33%, 11.6%의 도복율을 나타내어 생육후반기까지 도복을 효과적으로 억제하였다.

그림 4는 7월 6일에 처리했을 때 도복율에 미치는 효과를 나타낸 것으로 8월 20일을 기준으로 하여 10ppm 처리구는 35%, 25ppm 처리구는 15%, 50ppm은 11.3%의 도복율을 보여 어느 정도 도복을 억제하였다. 그러나 시간이 경과함에 따라 도복율이 계속 증가하여 8월 10일에는 80% 이상이 도복됨으로써 생육후반기에는 도복을 효과적으로 억제하지 못하였다.

그림 5는 6월 10일 처리구의 개화율을 조사한 것이다. 대조구의 경우 8월 27일 첫 화방이 모두 개화하였지만 처리구는 농도가 높아질수록 개화가 지연되어 100ppm의 경우 50%만 개화하였다. 개화가 지연된 것은 다른 보고와 마찬가지로 생장억제제를 처리할 경우 식물체가 왜화되어 생육이 억제됨과 동시에 gibberellin의 체내 함량이 떨어지는 것에 기인하는 것으로 생각되어진다. 실제로 제시하지는 않았지만 gibberellin을 10ppm 처리한 구에서 대조구에 비해 개화가 약 5일정도 앞당겨졌다.

그림 1-6은 7월 6일 처리한 결과로서 대조구와 처리구 간 개화율에는 뚜렷한 차이가 없었다. 이것은 개화 직전에 처리하였기 때문에 chemical 처리가 개화에 큰 영향을 주지 못한 것으로 생각된다.

Fig. 1-4--6

Table 4. The effect of Paclobutrazol treated at 10 June on fruit setting characteristics.

Paclobutrazol concentration (ppm)	No. of fruits/flower cluster 1u	2w	3x	4y	No. of cluster /plant	Fruit amount (ml/m2)	1000 seed weight (g)
0	832.1az	542.9a	363.0a	333.9a	11.7a	113.4a	1.51a
10	635.9b	449.3ab	349.4a	283.9ab	10.5a	96.4b	1.50a
25	531.3bc	380.3b	357.9a	324.2a	7.8b	93.1b	1.49a
50	497.4c	273.2c	297.8b	251.2ab	5.7bc	85.1bc	1.51a
100	465.9c	336.8bc	262.9b	227.2b	4.6c	77.8c	1.52a

u First cluster

w Second cluster

x Third cluster

y Fourth cluster

z Duncan's multiple range test, p=0.05

표 4는 채종량과 채종관련요인에 미치는 paclobutrazol의 처리효과를 나타낸 것이다. 여기에는 6월 10일 처리구의 조사 내용만 제시하였다. 제 1 화방에서 4화방까지 화방당 종자수와 수확된 화방수는 처리농도가 높아질수록 적어지는 경향을 보였다. 단위면적당 채종량은 처리농도가 높아질수록 감소하였는데, 이것은 앞서 언급한 요인들에 기인한 것으로 생각된다. 각 처리구에서 처음 채종한 종자의 천립중은 대조구와 처리구, 처리농도간에 유의적인 차이가 나지 않았다.

제 2절 실생 미나리의 육묘시 적정 육묘배지의 선발

1. 서론

미나리는 그동안 영양번식법으로 재배되어 왔으나 최근에 종자로부터 번식시킬 수 있는 효율적인 채종법과 실생번식법의 개발에 관하여 실용적인 수준에 이르렀다. 미나리는 산형화과로 초기의 생육이 느리기 때문에 직파를 하여 재배할 경우에는 경지를 효율적으로 이용할 수 없고 관리에 어려움이 있기 때문에 육묘를 하여 옮겨 심는 것이 유리하다. 육묘이식재배는 파종・육묘・이식 등의 노력비가 많이 드는 단점이 있으나 종자의 발아율을 높일 수 있고 유묘시에 집중적으로 관리할 수 있는 이점이 있다.

육묘를 할 경우 배지의 물리적 성질은 화학적 조성과 함께 식물의 발달형태와 생장율에 중요한 영향을 미친다. 본 실험은 현재 일반 농가에서 흔히 육묘용으로 사용하는 상업용 상토 가운데 하나인 바로커 상토(제품명)와 여러 가지 인공 배지를 사용하여 미나리를 육묘함으로써 가장 적합한 배지를 찾기위해 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 실생미나리의 성형묘 육성에 적합한 배지에 관한 연구

건전 우량 미나리묘를 생산하기에 적합한 배지를 구명하기 위해서 1995년산 보성지방종 미나리 종자를 공시하여 논토양과 밭토양 등 자연토양과 부엽토, 모래, 그리고 vermiculite와 perlite 등의 인공토양과 이들의 등량혼합배지에서 발아시켜 발아 및 생육양상을 관찰하였다.

나. 배지의 종류 및 조성이 미나리 종자의 발아 및 초기생육에 미치는 영향

1) 공시재료

본 실험에서 사용한 미나리 종자는 보성 지방종을 1995년 9월에 채종하여 모래와 종자를 5:5의 비율로 섞어 노지에서 월동시켜 저온층적처리를

하였다. 층적처리된 종자는 수세를 통해 모래와 분리하여 건조시킨 뒤, 2 4oC의 냉장고에서 암저장하였다가 사용하였다.

2) 육묘배지

배지는 피트모스(PM), 바로커상토(B), 버미큐라이트(V), 펄라이트(P, 3 5mm)와 모래를 PM:V, PM:P, PM:S, B:P, B:V, P:V로 각각 부피비가 1 : 1이 되도록 혼용하였고, 바로커상토와 버미큐라이트의 단용도 사용하였다.

3) 파종 및 육묘

실험은 1997년 3월 13일부터 1997년 5월 10일까지 서울대학교 원예학과 실험온실에서 실시하였다. 3월 13일에 160공 flug tray에 공당 5립씩 파종하여 8개의 처리구당 3반복씩 모두 24개의 tray를 완전임의배치하였고, 발아 후 30일이 지나서 공당 개체를 3개씩 남도록 하고 나머지는 솎아주었다. 관수 방법으로 발아전에 수돗물로 저면관수를 하였고 발아후에는 1일 2회로 충분히 두상관수를 하였다.

4) 조사방법

발아율은 3월 28일, 4월 4일에 실시하였고, 본엽발달은 본엽 2매가 전엽하였던 4월11일에 조사하였다. 그리고 생육조사는 5월 10일에 표본을 채취하여 조사하였으며 그 항목은 초장, 근장, 엽생체중, 근생체중, 엽건물중 및 근건물중이었다. 발아율과 본엽발달은 전수조사하였고, 시험결과는 Duncan 다중검정법으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 실생미나리의 성형묘 육성에 적합한 배지에 관한 연구

1995년산 보성지방종 미나리 종자를 공시하여 논토양 및 밭토양의 자연토양과 부엽토, 모래, 그리고 vermiculite와 perlite의 인공토양 및 이들의 등량혼합배지에서의 발아율은 표 1과 같다.

Table 1. Germination status of water-dropwort seed in various media.

Treatmentz	Standing rate(%)	No. of seedlings/hole
PS	54.3	0.83
US	75.3	1.93
PS : US = 1 : 1	66.7	1.56
LM	81.6	2.53
S	81.3	2.47
L.M : S = 1 : 1	78.3	2.38
P	96.8	3.93
V	100	3.98
P : V = 1 : 1	100	3.96

z PS; Paddy soil, US; Upland soil, LM; Leaf mould, S; Sand, P; Perlite, V; Vermiculite,

논토양에서는 입모율이 50% 내외로 매우 불량하였고 공당묘수도 1개 이하였다. 밭토양은 논토양보다는 다소 유리하였으나 여기서도 입모율 75% 정도 공당묘수도 2개 정도에 불과하였으며 답토와 전토를 반씩 혼합한 배지에서는 대체로 중간 정도의 성적을 나타냈다. 한편 부엽토에서는 발아율 82% 정도, 공당 묘수가 2.6개 정도였으며 모래 배지에서는 입모율 81%에 공당묘수 2.9개 정도로 부엽토와 큰 차이가 없었고 이들의 등량 혼합배지에서도 유사한 성적을 나타냈다.

그러나 vermiculite 와 perlite 그리고 이들의 등량 혼합배지에서는 100%에 가까운 입모율과 아울러 파종한 종자가 거의 예외없이 발아하는 우수한 성적을 나타냈다.

이상의 결과로 보아 미나리 성형묘 육성시 배지로서는 vermiculite나 perlite의 인공배지가 바람직하며 이들을 배지로 활용할 경우에는 종자를 절약하면서도 안정적인 육묘를 할 수 있을 것으로 생각된다. 다만 이들 배

지가 극히 가벼우므로 파종후 관수에 유의해야 하는 어려움이 있으나 파종한 plug tray를 담수상태로 처리한 경우에도 논·밭토양이 더욱 심한 발아억제 현상을 나타내는데 비하여 vermiculite나 perlite에서는 전혀 지장이 없었으므로 실용적으로 문제점이 없을 것으로 판단되었다.

그러나 다른 배지에서는 입모율이 낮아지므로 정상적인 육묘에 어려움이 있으며 종자도 많이 소요되고 특히 논토양이나 밭토양은 입모율과 공당 주수 공히 불량하여 미나리 성형묘 배지로서는 적합하지 않은 것을 알 수 있었다.

한편 perlite나 vermiculite에 양분이 전혀 없는 것을 고려하여 미나리 양액을 1/2농도로 공급하였을 경우 2개월 후의 생육반응을 조사한 결과 초장 10cm 내외 그리고 측지수 3.5개 정도로 각 처리간에 대차가 없는 생육반응을 나타냈다.

나. 배지의 종류 및 조성이 미나리 종자의 발아 및 초기생육에 미치는 영향

1. 배지별 미나리 종자의 발아율과 본엽발달 정도

3월 28일 조사하였을 때는 버미큐라이트를 단용 또는 혼용으로 사용한 것과 바로커상토의 단용으로 사용한 배지에서의 발아율이 가장 좋은 것으로 나타났고, 피트모스-모래 배지와 바로커-펄라이트 배지에서 중간 정도의 발아율을 나타냈으며, 피트모스-버미큐라이트 배지와 피트모스-퍼라이트 배지의 순서로 낮은 발아율을 나타냈다. 그러나 4월 4일 조사하였을 때는 피트모스-펄라이트 배지를 제외한 모든 배지에서 비교적 고른 발아율을 나타냈다(표 2).

1차의 결과에서 버미큐라이트를 혼용한 배지에서 발아율이 좋은 것은 버미큐라이트의 보수력이 좋기 때문인 것으로 생각된다. 또한 2차의 조사결과를 보면 배지에 따라 초기에는 종자의 수분 이용이 용이하지 않은 것도 있었지만 이 시기까지는 발아에 필요한 수분을 대부분 공급한 것으로 보인다.

본엽발달에 대한 결과에서 1차 발아조사 때의 경향이 그대로 유지되었지

만 버미큐라이트를 혼용한 배지에서만은 발아율과 비교해 볼 때 상당한 증가를 나타냈다.

Table 1. Effects of substrates on germination rate and true leaf development of *Oenanthe stolonifera* DC.

Substrate[z]	Germination rate (%)		Development of true leaf (4/11) (%)
	3/28	4/4	
PM : V	18.1	61.4	42.3
PM : P	8.6	45.6	11.0
PM : S	26.9	70.6	34.8
B	31.2	71.0	65.7
B : P	24.9	67.8	46.3
B : V	29.8	70.9	69.6
V	29.3	72.7	35.1
P : V	31.6	72.9	32.4

z PM ; peatmoss, V ; vermiculite, B ; Baroker, P ; perlite, S; sand

2. 배지의 산도

Tisdale 등(1975)은 배지의 유기물 함량이 증가함에 따라 pH는 감소한다고 하였다. 본 실험에서도 peat를 포함한 배지에서 pH 5 이하의 낮은 수치를 나타냈다. 버미큐라이트 배지는 약한 염기성이기 때문에 산성 배지와 혼합하여 산도를 중화시키는 역할을 할 수 있을 것으로 생각된다 (표 3).

배지별 발아율을 비교하였을 때 pH가 6 7이 적당한 것으로 보이지만 피트모스와 모래를 혼합한 배지는 낮은 pH에서도 좋은 발아율 나타낸 것으로 보아 pH 이외에도 다른 요소가 종자의 발아에 작용하는 것으로 보인다.

Table 3. pH of each substrate

Leaching	PM:V[z]	PM:P	PM:S	B	B:P	B:V	V	P:V
Distilled water	4.64	4.27	4.37	5.58	5.88	6.40	8.51	8.04
Tap water	4.84	4.65	4.74	5.85	6.68	6.70	7.43	7.39

z PM ; peatmoss, V ; vermiculite, B ; Baroker, P ; perlite, S ; sand

3. **각 배지가 미나리 유묘의 생육에 미치는 영향**

초장은 바로커 상토와 바로커와 버미큐라이트의 혼합배지에서 가장 길었고, 피트모스와 펴라이트 혼합배지, 버미큐라이트 배지에서 가장 짧았다. 근장은 처리구 간에 통계적 유의차를 보이지 않았는데 이는 플러그 트래이 안의 제한된 공간 때문일 것으로 생각된다.

지상부의 생체중은 초장과 비슷한 경향을 나타냈지만 지하부의 생체중에서는 버미큐라이트 배지에서 가장 높았다. 그러나, 일반적으로 상업용 상토에는 비료 성분이 포함되어 있고 본 실험에서는 수분만 공급했기 때문에 다른 배지에도 똑같은 성분의 양분을 공급하여 비교하는 실험이 요구된다.

지상부의 건물중에서는 처리구 간에 통계적 유의차를 보이지 않았고 지하부의 건물중에서는 바로커와 버미큐라이트의 혼합배지에서만 높았으며 나머지 배지에서는 비슷한 경향을 나타냈다(표 4).

Table 4. Effects of substrates on growth of *O. stolonifera* DC. seedlings.

Substratez	Plant height (cm)	Root length (cm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
			Leaf	Root	Leaf	Root
Pm : V	15.4by	10.5a	0.558b	0.324c	0.041a	0.015bc
Pm : P	10.3d	9.2a	0.386cde	0.243d	0.030a	0.015bc
Pm : S	13.2c	8.7a	0.461bc	0.305c	0.036a	0.019b
B	18.4a	9.9a	0.715a	0.402b	0.054a	0.013c
B : P	13.7bc	10.3a	0.439cd	0.303c	0.036a	0.017bc
B : V	17.6a	9.7a	0.671a	0.477a	0.055a	0.027a
V	9.2d	9.2a	0.316e	0.259d	0.024a	0.013c
P : V	12.2c	10.5a	0.399cde	0.246d	0.031a	0.013c

z PM ; peatmoss, V ; vermiculite, B ; Baroker, P ; perlite, S; sand
y Mean separation within columns at p = 0.05 by Duncan`s multiple range test.

버미큐라이트배지에서는 비교적 높은 발아율을 나타냈으나 생장은 좋지 않았다. Schmilewski와 Gunther(1988)는 버미큐라이트가 쉽게 물을 흡수하지만 식물이 그 수분을 이용하기는 어렵다고 하였다.

Pivot(1988)에 의하면 피트는 수분 함유량이 높아 생장에 좋은 영향을 미친다고 하였는데 본 실험에서는 반대로 버미큐라이트나 모래를 혼용한 배지보다 낮은 생장을 나타냈다.

퍼라이트는 가볍고 경제적인 재료로서 무토재배에 많이 이용되며 피트와 혼합하여 사용하였을 때 식물 생산량이 많았다고 한다(Fakhri et al). Spomer(1979)에 의하면 물의 흡수와 뿌리의 발달은 배지도 토양과 같이 나타나며 물의 공극수는 이용될 수 없다고 하였다. 펄라이트는 공극율이 72%(Manios 등, 1972)로 매우 높기 때문에 수분 함유력이 적으므로 따로 관수를 할 경우는 관수횟수를 증가시켜야 한다.

본 실험에서는 동일하게 관수만을 하였기 때문에 유묘시기에 적절한 배지와 함께 관수 방법과 양액의 조성에 대한 연구가 차후에 수행되어야 할 것으로 생각된다.

제 3절 채종용 실생미나리 재배시 효율적인 관수 시스템 및 적정 시비법 확립

1. 서론

질소, 인산, 가리, 칼슘 등의 무기질 비료와 유기물 시용에 있어서 다른 미나리과 작물에 준하여 표준시비량을 결정하고 반비, 배비, 시용실험과 시용횟수를 달리하여 채종량 증가에 직결되는 시비방법을 구명한다. 또한 미나리는 습지에서 잘 자라는 식물이므로 수분결핍에 의한 생육저해현상이 흔히 발생하므로 기후와 토양조건에 맞게 수분의 조절에 특히 유의해야 하

는 점에 비추어 채종재배에 적합한 관수방법을 파악하고자 한다. 처리내용으로는 고랑관수, 살수관수, 관수호스와 멀칭을 이용한 관수 등이 있고, 영양생장에서 생식생장으로 전환하는 시기의 토양수분관리에 중점을 두어 함수량에 따른 양분이용 특성을 구명한다.

2. 재료 및 방법

가. 채종용 미나리의 시비법

시비방법에 따른 미나리의 생육 및 개화결실 반응을 조사하기 위해 하우스 내에 재배포장을 만들고 산형화과 채소의 일반시비량을 표준으로 하여 질소배비, 인산배비 및 칼리배비 그리고 질소-인산배비, 질소-칼리배비 및 인산-칼리배비와 3요소 배비구를 설정하여 각각 시비후 재식하여 생육시키며 이를 표준시비구와 비교하였다.

나. 관수방법이 미나리의 채종에 미치는 영향

재배기간중의 관수방법이 미나리의 채종에 미치는 영향을 구명하고자 소형 스프링클러, 관수호스 등을 이용한 관수법을 관행의 고랑관수 방법과 비교하여 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 채종용 미나리의 시비법

시비방법에 따른 미나리의 생육 및 개화결실 반응을 조사하기 위해 하우스 내에 재배포장을 만들고 산형화과 채소의 일반시비량을 표준으로 하여 질소배비, 인산배비 및 칼리배비 그리고 질소-인산배비, 질소-칼리배비 및 인산-칼리배비와 3요소 배비구를 설정하여 각각 시비후 재식하여 그 생육양상을 표준시비구와 비교한 결과는 표 1과 같다.

Table 1. Growth of water dropwort under various fertilizer level after 1, 2 and 3 months.

Treatment	Plant height (cm)			No. of branches		
	1	2	3(month)	1	2	3(month)
Standard (control)	26.5	65.3	102.3	2.8	4.1	9.2
NPK double	31.6	70.2	109.7	3.3	5.1	10.2
N double	30.8	71.3	108.6	3.2	4.8	9.9
P double	34.2	75.4	110.2	4.5	6.1	10.6
K double	36.3	81.2	112.4	4.2	5.2	10.3
NP double	32.5	70.4	107.3	4.1	5.4	10.5
NK double	25.8	66.2	103.6	4.5	6.2	10.2
PK double	30.3	68.7	104.4	4.0	5.6	10.3

생육초기의 경우 표준시비구에 비하여 K 및 P 배비구의 생육이 왕성한 추세를 보였으며 N 배비구보다는 K 및 P 배비구가 우세한 경향이 나타난 것은 흥미있는 사실이다. 생육이 진행됨에 따라 이러한 차이는 감소하는 경향을 보였으나, 이는 본 시험의 시기에 비추어 영양생장과 생식생장이 병행하는 경향이 있으므로 생장량 차이가 감소할 가능성이 있고 현재 생식용 미나리를 재배하는 8월말 내지 9월초 파종의 경우처럼 영양생장이 길어지는 경우에는 유의할 가치가 있는 참고자료로 여겨진다. 또한 채종량을 더욱 증대시키기 위해서는 춘계재식보다 추계재식을 검토해볼 가치도 충분히 있는 것으로 사료되므로, 이는 금후 시험을 통하여 검토코자 한다.

한편, 각 시비수준하에서의 개화 및 결실반응을 검토해 본 결과는 표 2와 같은데, 대체로 보아 시비량이 증가하면 표준시비구보다 다소 유리하게 나타나지만 큰 차이가 없었으며, 초기생육이 우세하였던 K 배비구에서 개화 결실도 다소 유리한 경향이 나타났고, 천립중은 처리간에 거의 차이가 없었다.

Table 2. Effect of various level of fertilizer on flowering and fruiting of water dropwort.

Treatment	Flow clousters /plant	No. of fruits /plant	Yield (ml/m2)	1000-grain weight (g)
Standard (control)	10.3	3,276	114.7	1.50
NPK double	11.2	3,475	121.7	1.51
N double	10.8	3,324	116.4	1.48
P double	10.9	3,316	116.1	1.52
K double	11.2	3,516	123.2	1.51
NP double	10.5	3,469	121.5	1.49
NK double	10.2	3,397	119.0	1.50
PK double	10.6	3,417	119.7	1.50

나. 관수방법이 미나리 채종에 미치는 영향

재배기간중의 관수방법이 미나리 채종에 미치는 영향을 구명하고자 소형 스프링클러, 관수호스 등을 이용한 관수법을 관행의 고랑관수 방법과 비교하여 시험한 결과는 표 3과 같다.

Table 3. Effects of irrigation type on the growth of water dropwort.

Treatment	Plant height(cm)			No. of branches		
	1	2	3 (month)	1	2	3 (month)
Furrow irrigation	22.3	58.4	98.3	2.4	3.2	8.9
Mini sprinkler	26.7	65.5	106.7	2.5	4.1	9.7
Below[z]	27.2	70.6	110.4	2.6	4.5	10.5
Above[y]	25.3	64.2	101.6	2.4	3.9	9.8

z Irrigation below the mulching film by watering hose

y Irrigation above the mulching film by watering hose

처리간에 두드러진 생육차는 없었으나 대체로 도랑관수보다는 기타처리에서 다소 나은 결과를 보였으며 설치비용 및 편의 등의 실용적인 면을 고려할 때, 미나리의 채종 재배시는 관수호스를 사용하는 것이 무난할 것으로 사료된다.

한편 관수방법이 채종량에 미치는 영향을 조사한 결과는 표 4와 같다.

Table 4. Effects of irrigation type on the flowering and fruiting of water dropwort.

Treatment	No. of closters /plant	No. of fruits /plant	Yield (ml/m2)	1000- grain weight (g)
Furrow irrigation	9.2	3,087	108.1	1.51
Mini sprinkuler	9.9	3,294	115.4	1.49
Below[z]	10.2	3,387	117.9	1.52
Above[y]	9.7	3,254	114.0	1.51

z Irrigation below the mulching film by watering hose

y Irrigation above the mulching film by watering hose

생육과 마찬가지로 고랑관수보다는 다른 처리에서 다소 좋은 결과를 나타냈고 처리별로는 큰 차이가 없었으나 멀칭하의 관수호스 설치구에서 다소 나은 결과를 보였다.

제 4절 층적처리한 미나리 종자의 발아 및 초기생육에 미치는 priming의 효과

1. 서론

시설을 이용하여 미나리를 주년 생산하기 위해서는 균일하고 소질이 우수한 묘를 안정적으로 대량 공급할 수 있어야 한다. 그러나, 줄기의 마디를 이용하는 영양번식법은 번식 재료에 따라 묘의 크기, 소질 등에 차이가 크고, 육묘 면적이 많이 소요될뿐 아니라, 육묘 효율이 대단히 낮기 때문에 양묘의 대량 생산 체계에는 부적합하다. 따라서 종자를 이용하는 능률적인 육묘 체계의 확립이 절대로 필요하며, 이를 위해서는 높은 발아율, 신속하고도 균일한 발아, 왕성한 발아세 그리고 고른 유묘의 생육이 확보되어야 한다.

미나리 종자는 모식물체로부터 이탈한 당시에는 배의 미숙과 과피에 존재하는 발아 억제 물질에 의해 거의 발아하지 않는데, 이의 발아촉진법에 관한 집중적인 연구로 실용성 있는 발아 촉진 방법이 개발되었다(김병운, 1986). 종자에 대한 수세 또는 저온층적처리로 발아율은 크게 향상되었으나 발아의 균일도가 떨어지고 파종에서 출현까지의 기간이 비교적 긴 점등은 해결되어야 할 연구 과제로 남아 있다. 따라서 이들 문제점들이 합리적으로 해결된다면 미나리 육묘의 효율성을 한층 더 높일 수 있을 것이다.

종자의 발아율을 향상시키고, 출현까지의 기간을 단축시키며, 불량 환경하에서의 발아력을 증대시킬 수 있는 방법으로서 종자에 대한 priming 처리법이 활발하게 연구되고 있으며, 일부 작물에서는 이 방법이 실용화되고 있다. Terry 등(1992)은 *Aquilegia canadensis*의 종자를 층적처리 후, priming 처리를 하여 종자의 발아능이 향상되었다고 보고하였는데, priming처리는 처리기간 동안 발아를 위한 대사 활동은 진행되지만 유근이

출현하지 않을 정도의 고삼투압 용액을 조제하여, 종자의 수화 수준을 조절함으로써 발아세를 향상시키는 기술로 Osmotic priming이라고도 한다.

미나리와 같은 산형화과의 당근, 셀러리, 파슬리에서는 priming처리를 통해 발아율, 발아속도, 발아균일도뿐 아니라 유묘출현이 증진된다는 보고들도 많이 있다(Brocklehurst, 1983; Pill, 1986; Szafirowska 등, 1981).

따라서 본 실험은 저온층적처리된 미나리 종자의 발아능을 더욱 향상시키기 위해 priming 처리기술을 확립하는 데 필요한 기초 자료를 얻고자 priming 처리의 적정 삼투약제 선별, 처리온도와 처리기간을 구명할 목적으로 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 실험의 미나리 종자는 보성 지방종으로 1993년 9월에 채종하여 모래와 종자를 5 : 5의 비율로 섞어 노지에서 월동시켜 저온층적처리한 종자를 이용하였다. 층적처리된 종자는 수세를 통해 모래와 분리하여 건조시킨 뒤, 2 4℃의 냉장고에서 암저장하여 필요시 꺼내어 사용하였다.

가. Priming 처리

삼투약제로는 $Ca(NO_3)_2$, NaH_2PO_4, $NaNO_3$, KH_2PO_4, KNO_3, mannitol 및 PEG(polyethylene glycol) 6000을 사용하였는데 $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$, KH_2PO_4, KNO_3는 2, 4 및 6%의 농도로 NaH_2PO_4는 3, 5 및 7%의 농도로 하였으며 mannitol은 5, 10 및 15% 그리고, PEG 6000은 20, 30 및 40%의 농도로 처리용액을 조제하였다.

Priming 처리는 400mg씩 평량하여 50ml 삼각 플라스크에 처리용액 20ml를 넣은 뒤 거즈에 싼 종자를 넣고 종자가 충분히 용액에 담궈지도록 흔들어 준 뒤 밀봉하여 24시간 광이 조사되는 생육상에서 처리를 수행하였다. Priming 처리온도와 처리기간은 각각 15, 20 및 25℃와 3, 7 및 10일간

으로 하여 조합 처리하였다. 처리하는 동안 삼투용액은 2일마다 교체하여 주었다. 처리가 끝난 종자는 2차 증류수에 3회 수세한 다음 공기가 순환되는 25℃의 생육상에서 하룻동안 건조시킨 뒤, 4±1℃의 냉장고에 암저장하면서 발아시험에 이용하였다.

나. 발아시험

발아시험은 petri-dish에 여과지(Whatman No.2) 1장을 깔고, 종자를 50립씩 5반복으로 하여 증류수 5ml를 가한 뒤 25±1℃, 24시간 광이 조사되는 생육상에서 수행하였다. Petri-dish 안의 물은 2일마다 교체하여 주었고, 발아 조사는 유근이 1mm 이상 출현한 것을 기준으로 매일 실시하였다. 미나리 종자의 발아 조사 기간은 종자들이 충분히 발아할 수 있도록 12일간으로 하였다.

매일 실시한 발아 조사를 토대로 발아율, 평균발아일수 및 발아균일도를 다음의 공식으로 산출하였다.

- GR(germination rate) = $(N / S) \times 100$
- MGT(mean germination time) = $\sum (t_i n_i) / N$
- GU(germination uniformity) = $\sum 〔(MGT - t_i)^2 n_i〕 / N-1$

  N : 총 발아수, S : 총 공시 종자수

  t_i : 치상 후 조사일 수, n_i : 조사 당일 발아수

다. 유묘시험

유묘시험은 9월13일부터 10월 17일까지 서울대학교 원예학과 유리 온실에서 수행되었다. 실험 수행 중 유리 온실 내 온도는 평균 10/33℃(최저/최고)로 유지하였다.

종자는 우레탄 스펀지에 파종하여 떡잎이 완전히 전개한 것을 기준으로 하여 매일 유묘의 출현을 조사했다. 매일 실시한 유묘출현 조사를 토대로 유묘출현율, 평균유묘출현일수 및 유묘출현균일도는 다음의 공식으로 산출

하였다.

- ER(emergence rate) = (N / S)×100
- MET(mean emergence time) = Σ (tini) / N
- EU(emergence uniformity) = Σ 〔(MET - ti)2ni〕 / N - 1

N : 총유묘출현수, S : 총공시종자수

ti : 치상 후 조사일 수, ni : 조사 당일 유묘출현수

미나리 유묘는 본엽이 나오기 시작하면서 떡잎이 누렇게 되기 직전(파종 후 15일)에 미나리 전용 양액(안 등, 1991)을 공급하여 육묘했으며, 양액의 조성은 다량 원소로써 NO_3-N 13, NH_4-N 3, P 3, K 6, Ca 2, Mg 1me/l 및 Fe 3ppm, 미량 원소로써 B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.05, Cu 0.02 및 Mo 0.01ppm이었으며, 사용한 비료염으로는 $Ca(NO_3)_4 \cdot 4H_2O$, $NaNO_3$, KNO_3, $NH_4H_2PO_4$, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, EDTA·Na·Fe·$3H_2O$, H_3BO_3, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 및 $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$이었다.

미나리 유묘의 초기 생육은 파종 35일 후에, 초장, 엽수, 포목경수 및 생체중을 조사하였다.

라. 미나리 종자의 발아 시기에 따른 해부학적 변화

Priming 처리를 한 종자와 무처리 종자를 침윤시킨 뒤, 각각 1일, 2일 및 3일이 경과한 종자의 종단면을 주사형 전자현미경(SEM:scanning electron microscope)을 통해 비교하였다. 전자현미경 관찰을 위해 각각의 종자를 고정액(5% paraformaldehyde + 5% glutaraldehyde)에 담가 4℃에서 12시간 동안 고정하고, buffer 용액으로 3회 세척한 후 ethanol series로 탈수시키고, 액체 CO_2로 건조시킨 후 금으로 coating하여 관찰 시료를 제작하여 150배의 배율로 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

가. Priming 처리가 층적처리된 종자의 발아에 미치는 영향

여러 삼투약제를 농도를 달리하여 15℃에서 7일간 priming처리하여 나타난 결과는 표 1과 같다. KNO_3 6%와 PEG 20%를 제외하고는 모든 삼투제에서 무처리의 58%보다 높은 발아율을 보였는데, 특히 NO_3^- 이온이 포함된 염용액에서 비교적 발아율이 높았다. 이에 대해 Haigh 등(1987)은 NO_3^- 이온이 다른 이온들에 비해 우선적으로 흡수되어 종자 내부의 삼투압을 낮추어 수분의 유입을 촉진할 수 있으며, 또한 priming 처리 동안 NO_3^- 이온은 종자 내부로 흡수되어 아미노산과 단백질 합성을 위한 기질로서 제공될 수도 있다고 하였다.

발아소요일수는 KH_2PO_4 용액으로 priming 처리시 4.2 4.7일로 단축되었지만, 다른 처리구들에서는 오히려 무처리보다 발아가 지연되는 경향을 보였다. 발아균일도는 처리간에 유의성이 없었다.

PEG는 무독성이며, 불활성이기 때문에 여러 채소 종자에서 priming 처리에 이용되어 발아 및 유묘출현이 향상되었다는 보고(Akers 등, 1987)가 있으나 다른 무기염 용액에 비해 현저한 발아율 향상 효과가 없을 뿐만 아니라 점성도가 높아 산소의 원활한 공급이 저해될 수 있고(Mexal 등, 1975) 단가가 높아 다량의 종자를 priming하는 데에는 실용성이 떨어진다. 미나리 종자의 priming에서 PEG는 무처리보다 좋은 발아 향상 효과를 보였으나, 발아소요일수의 단축에는 그다지 효과적이지 못했다.

따라서, 미나리의 priming 처리에는 발아율을 향상시키는 데에 효과적이었던 NO_3^- 이온이 포함된 $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$와 발아소요일수의 단축 효과가 컸던 KH_2PO_4를 삼투제로 이용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

앞선 실험에서 얻은 결과를 토대로 삼투제를 선별한 뒤, priming 처리온도를 달리하여 종자의 발아율에 미치는 priming 효과를 조사하였다(표 2, 3, 4).

Table 1. Effect of osmotica treatment on the germination rate(GR), mean germination time(MGT) and germination uniformity(GU) of *O. stolonifera* DC. seeds.

Seed treatment[w]		GR(%)	MGT(days)	GU
Osmotica	Conc.(%)			
	2	65.5 bcdef[z]	5.8 bcd	3.37 a
$Ca(NO_3)_2$	4	77.5 abc	5.9 bcd	3.89 a
	6	75.8 abcd	5.5 bcde	2.39 a
	3	64.0 def	6.9 a	2.72 a
NaH_2PO_4	5	78.2 ab	5.4 bcde	1.65 a
	7	65.5 bcdef	5.4 bcde	1.80 a
	2	71.7 abcde	5.3 cdef	1.50 a
$NaNO_3$	4	73.1 abcde	5.8 bcd	3.63 a
	6	61.1 ef	6.1 abc	2.90 a
	2	63.5 def	4.4 fg	1.52 a
KH_2PO_4	4	66.0 abcdef	4.7 egf	2.56 a
	6	72.0 abcde	4.2 g	1.52 a
	2	60.1 ef	5.4 bcde	4.43 a
KNO_3	4	64.4 cdef	5.6 bcd	5.17 a
	6	57.4 f	6.2 ab	3.31 a
	5	73.2 abcde	5.6 bcde	3.06 a
Mannitol	10	65.4 bcdef	5.3 bcde	2.22 a
	15	64.1 def	6.1 bc	3.88 a
	20	57.6 f	5.1 def	3.21 a
PEG[x]	30	78.7 a	5.1 def	2.25 a
	40	76.4 abcd	5.4 bcde	2.88 a
Control[y]		58.0 f	5.0 def	1.97 a

[w] Seeds were primed for 7 days at 15℃ in a growth chamber with light.

[x] PEG is polyethylene glycol 6000.

[y] Seeds were stratified with sand in the outdoors.

[z] Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

표 2 는 15℃에서 삼투약제의 종류별로 처리농도 그리고 처리기간을 달리하여 priming처리한 종자의 발아율을 조사한 것이다. NO_3^-이 포함된 $Ca(NO_3)_2$, $NaNO_3$, 그리고 KNO_3 용액으로 priming한 처리에서 발아율이

유의하게 높게 나타난 반면, KH_2PO_4는 다른 삼투제들에 비해서 낮은 발아율을 보였다. 삼투제와 처리농도 사이의 상호작용효과는 고도로 유의한 차이를 보였는데, priming 효과는 처리 약제의 종류는 물론 처리농도에 따라서도 매우 다르다는 것을 의미한다. $Ca(NO_3)_2$는 6%, $NaNO_3$는 4%, KH_2PO_4는 6%, 그리고 KNO_3는 4%에서 각각 발아율이 가장 높았다. 삼투제와 처리기간 사이의 상호작용 효과도 유의성이 있었는데, 모든 삼투제에서 3일간 처리하였을 때 발아율이 높았다. 그러나, 처리농도와 처리기간 사이의 상호작용 효과는 유의성이 없었는데, 이는 삼투약제마다 처리농도에 대한 priming 효과가 달라 모든 삼투약제가 동일한 농도에서 처리기간에 대해 반응할 수 없기 때문으로 생각된다.

표 3은 20℃에서 삼투제, 처리농도 및 처리기간을 달리하여 priming 처리한 종자의 발아율을 조사한 것이다. 삼투제나 처리농도에 의한 priming 효과는 유의차가 없었지만 KH_2PO_4의 처리구들에서 발아율이 다소 높았다. 처리기간에 의한 효과는 3일간 처리했을 때 매우 컸으며, 3일 이후에는 발아율이 감소하는 경향을 보였다. 삼투제와 처리기간, 삼투제와 처리농도 사이의 상호작용 효과는 고도로 유의하게 나타났는데, 삼투제와 처리기간 사이의 효과는 대체로 모든 삼투제들에서 3일간 priming했을 때, 삼투제와 처리농도 간의 효과는 $Ca(NO_3)_2$ 6%, $NaNO_3$ 2%, KH_2PO_4 6%, 그리고 KNO_3 4%에서 각각 높게 나타났다.

표 4는 25℃에서 삼투제, 처리농도 그리고 처리기간을 달리하여 priming 처리한 종자의 발아율을 조사한 결과이다. 삼투제는 KNO_3에서, 처리농도는 대체로 2%에서 발아율이 높았는데, 모든 처리에서 처리기간이 3일을 넘는 경우에는 발아율이 감소하는 경향이었다. 25℃에서는 다른 온도에서보다 발아율이 급격히 감소하여 KH_2PO_4와 KNO_3 용액으로 7일간 처리하였을 때의 발아율은 오히려 무처리의 58%보다 낮았고, 10일간 priming 처리했을 때는 모든 삼투약제들에서 무처리구보다 발아율이 낮았다.

Table 2. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the germination rate(GR) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 15℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		Germination rate(%)		
$Ca(NO_3)_2$	2	76.0	65.2	65.6
	4	77.5	77.5	68.1
	6	81.1	76.5	80.8
$NaNO_3$	2	78.8	71.7	72.9
	4	79.2	73.3	65.6
	6	75.2	61.1	51.5
KH_2PO_4	2	74.4	63.2	65.3
	4	73.2	66.0	65.1
	6	76.3	72.0	72.0
KNO_3	2	76.1	60.1	56.2
	4	79.6	64.4	63.8
	6	79.2	57.4	55.2
Control[z]		58.0		
Contrasts[y]				
Salt(A)			***	
Concentration(B)			NS	
Duration(C)			***	
A×B			***	
A×C			**	
B×C			NS	
A×B×C			NS	

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001 respectively.

z Seeds were stratified with sand in the outdoors.

Table 3. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the germination rate(GR) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 20℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		Germination rate(%)		
$Ca(NO_3)_2$	2	72.0	62.8	49.2
	4	66.5	73.5	68.8
	6	75.2	67.2	71.7
$NaNO_3$	2	81.3	77.2	55.2
	4	73.5	74.2	57.1
	6	74.2	62.7	36.6
KH_2PO_4	2	77.7	70.6	59.9
	4	74.5	68.0	66.8
	6	78.0	71.4	57.6
KNO_3	2	77.2	66.3	53.5
	4	70.5	72.8	55.2
	6	77.2	61.2	44.8
Control[z]		58.0		
Contrasts[y]				
Salt(A)			ns	
Concentration(B)			ns	
Duration(C)			***	
A×B			***	
A×C			***	
B×C			**	
A×B×C			ns	

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at $P \leq 0.05$, 0.01, 0.001, respectively.

z Seeds were stratified with sand in the outdoors.

Table 4. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the germination rate(GR) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 25℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
			Germination rate(%)	
$Ca(NO_3)_2$	2	62.4	60.1	42.5
	4	71.3	67.6	50.8
	6	74.7	67.2	60.0
$NaNO_3$	2	63.0	70.0	52.2
	4	74.1	65.5	51.2
	6	57.6	47.4	27.6
KH_2PO_4	2	64.6	47.0	44.8
	4	59.8	33.1	31.7
	6	59.8	35.8	22.1
KNO_3	2	76.8	59.0	59.9
	4	73.6	60.6	52.2
	6	78.3	52.8	46.0
Control[z]		58.0		
Contrasts[y]				
Salt(A)			***	
Concentration(B)			***	
Duration(C)			***	
A×B			***	
A×C			***	
B×C			*	
A×B×C			*	

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001, respectively.

z Seeds were stratified with sand in the outdoors.

fig 1.

그림 1은 각각의 처리온도에서의 삼투약제의 종류와 처리농도를 달리하였을 때, 발아율에 미치는 priming 효과를 종합적으로 나타낸 그림이다. 발아율은 삼투제나 처리농도에 상관없이 15℃에서의 처리구들이 20℃나 25℃에서 보다 높았으며, 대체로 온도가 높아짐에 따라 발아율이 감소하였다. 그러나, KNO_3로 priming할 경우 처리온도가 상승하더라도 발아율의 감소폭이 다른 삼투제들보다 작았으며, KNO_3 2%에서는 처리온도 간에 거의 차이가 없었다.

미나리 종자는 위의 결과에서처럼 priming 처리온도에 따라 발아율에 큰 차이를 보였는데 이는 양파 종자를 각각 다른 온도(15, 20, 25℃)에서 priming 처리를 하더라도 발아 및 유묘출현에 거의 영향을 미치지 못했다는 Haigh 등(1986)의 보고와는 달랐다.

$Ca(NO_3)_2$ 6%에서의 처리구들이 다른 삼투제들에 비해 발아율이 높았는데, 이러한 결과는 토마토 종자의 priming 처리 삼투제 중 $Ca(NO_3)_2$가 발아율 향상에 효과적이었다는 정 등(1994)의 보고와 일치한다.

처리온도별로 삼투제, 처리농도 및 처리기간을 달리하여 종자의 평균발아일수에 미치는 priming 효과에 대한 실험 결과는 표 5, 6, 7과 같다. 표 5는 15℃에서 각 삼투제의 처리농도와 처리기간을 달리하여 평균발아일수에 미치는 priming 효과에 대한 것이다. 삼투약제의 종류 및 처리기간에 대한 priming 효과는 매우 유의한 차이를 나타냈는데, 다른 삼투제들에 비해 KH_2PO_4의 처리구들에서 발아일수의 단축 효과가 컸으며, 처리기간은 3일이 효과적이었다. 삼투약제의 종류와 처리농도 사이의 상호작용 효과는 고도로 유의한 차이를 보여, 삼투제별로 그 처리농도에 따라 priming 효과가 달라진다는 것을 알 수 있는데, 대체로 $Ca(NO_3)_2$는 6%에서, $NaNO_3$는 4%에서, KH_2PO_4는 4%에서, 그리고 KNO_3는 4%에서 발아일수가 단축되었다. 삼투제와 처리기간 사이의 상호작용 효과도 유의한 차이를 보였는데, 3일간 처리시 발아일수의 단축 효과가 컸다.

Table 5. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the mean germination time(MGT) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 15℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		Mean germination time (days after sowing)		
$Ca(NO_3)_2$	2	4.8	5.8	5.4
	4	4.8	5.9	5.2
	6	4.9	5.5	5.4
$NaNO_3$	2	4.4	5.2	4.8
	4	4.4	5.8	5.4
	6	5.2	6.1	6.2
KH_2PO_4	2	4.2	4.5	4.5
	4	4.0	4.7	4.6
	6	4.4	4.2	4.7
KNO_3	2	4.7	5.4	5.3
	4	4.9	5.6	4.6
	6	5.1	6.2	4.8
Control[z]		5.0		
Contrasts[y]				
Salt(A)		***		
Concentration(B)		**		
Duration(C)		***		
A×B		***		
A×C		***		
B×C		ns		
A×B×C		**		

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001, respectively.

z Seeds were stratified with sand in the outdoors.

Table 6. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the mean germination time(MGT) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 20℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		Mean germination time(days after sowing)		
	2	4.8	5.2	4.9
$Ca(NO_3)_2$	4	4.9	4.8	4.2
	6	5.1	4.8	4.5
	2	4.9	4.5	4.1
$NaNO_3$	4	5.0	5.1	4.9
	6	5.6	6.1	6.5
	2	4.5	4.9	4.9
KH_2PO_4	4	4.5	4.1	4.0
	6	4.5	4.3	4.3
	2	4.7	5.0	4.5
KNO_3	4	4.6	4.8	4.0
	6	5.2	5.0	5.0
Control[z]		5.0		
Contrasts[y]				
Salt(A)		***		
Concentration(B)		***		
Duration(C)		***		
A×B		***		
A×C		***		
B×C		***		
A×B×C		***		

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001, respectively.

z Seeds were stratified with sand in the outdoors.

Table 7. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the mean germination time(MGT) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 25℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		Mean germination time(days after sowing)		
	2	5.6	6.6	6.9
$Ca(NO_3)_2$	4	5.5	6.8	6.2
	6	5.6	7.3	7.1
	2	5.8	5.6	6.7
$NaNO_3$	4	6.0	6.1	6.3
	6	6.1	5.7	7.0
	2	5.2	4.7	4.9
KH_2PO_4	4	6.0	5.1	5.6
	6	5.0	5.0	6.1
	2	5.1	6.0	5.4
KNO_3	4	5.0	6.6	5.9
	6	5.8	6.6	6.7
Control[z]		5.0		
Contrasts[y]				
Salt(A)		***		
Concentration(B)		***		
Duration(C)		***		
A×B		***		
A×C		***		
B×C		***		
A×B×C		**		

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001, respectively.

z Seeds were stratified with sand in the outdoors.

fig 2.

표 6은 20℃에서 삼투제들의 처리농도와 처리기간을 달리하여 평균발아일수에 미치는 priming 효과를 나타낸 것이다. 15℃와 마찬가지로 KH_2PO_4의 처리구들이 발아일수를 단축하는 데 효과적이었으나, $NaNO_3$ 처리구들은 농도가 높고, 처리기간이 길어질수록 무처리의 5.0일보다 발아일수가 길어지는 경향을 보였다. 그러나 다른 염들과 다르게 $NaNO_3$는 15℃에서와 달리 처리기간이 길어질수록 발아일수의 단축 효과가 컸다.

표 7은 25℃에서 삼투제 처리농도와 처리기간을 달리하여 평균발아일수에 미치는 priming 효과를 나타낸 것이다. 삼투제에 의한 효과는 15℃ 및 20℃와 마찬가지로 KH_2PO_4가 다른 삼투제보다 발아를 앞당기는 데 더 효과적이었지만, 처리기간이나 처리농도에 상관없이 대부분의 처리구들이 무처리보다 발아소요기간이 상당히 연장되었다.

그림 2는 각 처리온도에서 삼투제와 처리농도에 의해 평균발아일수에 미치는 priming 효과를 종합적으로 나타낸 것이다. 평균발아일수는 20℃에서 $Ca(NO_3)_2$와 KNO_3 처리구들이 다소 단축되었으며, KH_2PO_4 처리구들은 15℃에서 무처리보다 평균발아일수가 상당히 단축되었다. 25℃에서는 모든 처리에서 다른 처리온도에 비해 발아가 상당히 지연되었을 뿐만 아니라 무처리보다도 훨씬 지연되었다.

KH_2PO_4는 모든 처리온도에서 다른 삼투제들 보다 발아일수를 단축시켰는데 특히 4%의 농도에서 가장 효과적이었다. 이러한 KH_2PO_4 priming에 의한 발아소요일수 단축 효과는 정 등(1994)에 의해 보고된 바 있다.

처리온도별로 삼투제, 처리농도 및 처리기간을 달리하여 종자의 발아균일도에 미치는 priming 효과에 대한 실험 결과는 표 8, 9, 10과 같다.

표 8은 15℃에서 삼투제 처리농도와 처리기간을 달리하여 발아균일도에 미치는 priming 효과를 나타낸 것이다. KH_2PO_4 처리구들은 다른 삼투제들에 비해서 발아균일도가 높았는데, 특히 KH_2PO_4 4%로 priming했을 때 가장 높았다. 그러나, KNO_3의 처리구들은 무처리에 비해 발아균일도가 상당히 떨어진 결과를 보였다. 처리기간은 3일이 발아균일도를 높이는 데 효과적이었고, 처리기간이 길어질수록 발아균일도가 떨어지는 경향을 보였다.

삼투제와 처리농도 사이의 상호작용 효과는 고도로 유의한 차이를 보였

는데, $Ca(NO_3)_2$와 $NaNO_3$는 2%에서, KH_2PO_4와 KNO_3는 6%에서 각각 비교적 균일하게 발아했다.

Table 8. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the germination uniformity(GU) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 15℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment(days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		Germination uniformity[z]		
$Ca(NO_3)_2$	2	1.93	3.38	3.30
	4	1.75	3.89	3.92
	6	2.44	3.08	3.48
$NaNO_3$	2	2.55	1.50	2.12
	4	1.48	3.70	3.29
	6	2.36	2.90	2.91
KH_2PO_4	2	2.06	1.68	2.08
	4	1.19	2.56	3.20
	6	1.62	1.52	2.29
KNO_3	2	1.92	4.43	3.75
	4	2.33	5.17	2.78
	6	2.46	3.31	2.51
Control[x]		1.97		
Contrasts[y]				
Salt(A)		***		
Concentration(B)		ns		
Duration(C)		***		
A×B		***		
A×C		**		
B×C		*		
A×B×C		ns		

x Seeds were stratified with sand in the outdoors.

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001 respectively.

z Germination uniformity = $\sum [(MGT-t_i)^2 n_i] / N-1$

MGT:mean germination time, t_i:days after sowing, n_i:No. of germinate seeds on day t_i, N:total no. of germinate seeds

Table 9. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the germination uniformity(GU) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 20℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment (days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		*Germination unimity*Z		
$Ca(NO_3)_2$	2	1.58	4.34	3.32
	4	2.33	3.53	2.77
	6	1.78	2.91	3.67
$NaNO_3$	2	2.04	2.43	2.53
	4	1.76	4.02	4.32
	6	2.16	4.08	3.51
KH_2PO_4	2	1.20	4.15	3.35
	4	1.26	1.10	2.08
	6	1.00	0.75	1.77
KNO_3	2	1.22	3.11	2.58
	4	1.33	3.23	2.48
	6	1.91	2.60	3.76
ControlX		1.97		
ContrastsY				
Salt(A)		***		
Concentration(B)		ns		
Duration(C)		***		
A×B		**		
A×C		ns		
B×C		ns		
A×B×C		*		

x Seeds were stratified with sand in the outdoors.

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001, respectively.

Z Germination uniformity = Σ 〔$(MGT-t_i)^2 n_i$〕 / N-1

MGT:mean germination time, t_i:days after sowing, n_i:No. of germinate seeds on day t_i, N:total no. of germinate seeds.

Table 10. Effect of the duration and concentration of osmotica treatment on the germination uniformity(GU) of *O. stolonifera* DC. seeds primed at 25℃ in a lighted growth chamber.

Seed treatment		Duration of treatment (days)		
Osmotica	Conc.(%)	3	7	10
		*Germination uniformity*z		
$Ca(NO_3)_2$	2	3.80	6.85	3.67
	4	4.39	5.75	4.73
	6	3.09	5.47	4.11
$NaNO_3$	2	5.83	2.31	4.72
	4	4.34	3.30	4.91
	6	5.68	2.31	5.22
KH_2PO_4	2	3.12	3.65	2.22
	4	4.82	3.34	3.37
	6	3.16	3.82	4.29
KNO_3	2	3.77	6.48	3.06
	4	2.79	6.14	4.97
	6	2.82	5.57	5.63
Controlx		1.97		
Contrastsy				
Salt(A)			**	
Concentration(B)			ns	
Duration(C)			***	
A×B			ns	
A×C			***	
B×C			ns	
A×B×C			ns	

x Seeds were stratified with sand in the outdoors.

y Contrasts were calculated by partitioning the treatment effects using SAS general linear models procedure. NS, *, **, *** mean non-significant and significant at P ≤ 0.01, 0.05, 0.001, respectively.7

Z Germination uniformity = Σ 〔$(MGT - t_i)^2 n_i$〕 / N - 1

MGT:mean germination time, ti:days after sowing, ni:No. of germinate seeds on day ti, N:total no. of germinate seeds

fig 3.

표 9는 20℃에서 삼투제 처리농도와 처리기간을 달리하여 발아균일도에 미치는 priming의 효과를 나타낸 것으로, 15℃에서와 마찬가지로 20℃에서도 KH_2PO_4를 삼투제로 처리했을 때 발아균일도가 향상되었는데, 특히 6%의 KH_2PO_4에서는 다른 삼투제들이 3일 이상으로 처리기간이 길어질수록 발아균일도가 떨어지는 경향과는 달리 처리기간이 길어지더라도 무처리보다 발아균일도가 높게 나타났다.

표 10은 25℃에서 삼투제 처리농도와 처리기간을 달리하여 발아균일도에 미치는 priming의 효과를 나타낸 것인데, KH_2PO_4의 처리구들이 다른 삼투제들에 비해 비교적 발아균일도가 높았지만, 삼투제, 처리농도 및 처리기간에 상관없이 모든 처리구들이 무처리보다 균일도가 낮았다.

그림 3은 각 처리온도에서 삼투제와 처리농도에 의해 발아균일도에 미치는 priming의 효과를 종합적으로 나타낸 것이다. 처리온도 25℃에서는 모든 처리구의 발아균일도가 상당히 떨어지는 결과를 보였으나, 20℃에서 KH_2PO_4로 priming 처리시 무처리는 물론 다른 삼투제들 보다 현저히 발아균일도를 향상시켰다는 것을 알 수 있다.

Khan(1992)에 의하면 priming 처리에 의한 발아의 촉진은 priming 중에 생리적, 생화학적 그리고 형태학적 변화들이 일어나서, 유근을 압박하는 조직들을 약화시키고, 배의 발달, 고분자의 합성 및 일부 효소들의 활성을 증가시키 때문이라고 한다. Smith와 Cobb(1991)은 고추 종자에서 염류 priming 처리를 한 경우 priming하지 않은 종자에 비해서 종자의 호흡율이 더 높았다고 보고하였다. 그런데, 위의 실험 결과로 볼 때, 미나리 종자는 발아율과 발아소요일수에 대한 priming 효과가 높았던 처리온도와 처리기간을 벗어나는 25℃와 삼투제에 따라 다르지만 7일이나 10일간의 priming 처리에서 발아율이 급격하게 감소하고, 발아소요일수도 길어지는데, 이는 적정 처리 조건보다 높은 온도, 긴 처리기간 동안 종자의 호흡량이 증가함에 따라 종자가 노화되어 활력을 상실하기 때문으로 사료된다.

이상의 실험 결과로 볼 때, 미나리 종자의 priming 처리조건으로는 발아율 면에서는 15℃, $Ca(NO_3)_2$ 6% 조건이 가장 좋은 결과를 보였으나, 평균발아일수나 발아균일도 면에서는 15℃, KH_2PO_4 4% 조건이 가장 효율적이

었다. 그러나, 발아율, 발아소요일수 및 발아균일도를 종합적으로 고려해 볼 때, priming에 의한 발아 촉진 효과는 15℃에서 $Ca(NO_3)_2$ 6%, $NaNO_3$ 4%, KH_2PO_4 4%, 그리고 KNO_3 4%로 3일간 priming 처리시 가장 컸다고 할 수 있다.

fig 4.

Fig 4. Scanning electron microscope(SEM) micrograph(×150) of a longitudinal section along the flat of *Oenanthe stolonifera* DC. seeds. A-C; non-primed seeds. D-F; seeds were primed with 4% KH_2PO_4 in the light at 15℃ for 3 days. R; radicle, E; endosperm and S; seed coat (A, D; 1 day • B, E; 2 days • C, F; 3 days after imbibition)

2. Priming 처리 종자의 파종 후 해부학적 변화

그림 4는 15℃에서 3일간 KH_2PO_4 4%로 priming한 종자와 층적처리 종자를 파종하여 발아시기에 따른 해부학적 변화를 살펴보았다. 침윤시킨지 1일 경과 후, 무처리 종자는 유근의 형성이 엉성한 반면에 priming 처리 종자는 유근이 완전히 형성되어 있었으며, 침윤시킨지 3일 경과 후에는 priming 처리 종자는 유근이 종피를 뚫고 나온 반면에 무처리 종자는 유근이 종피 안에서 완전히 형성되어 있는 상태였다. 이는 PEG와 KH_2PO_4+KNO_3로 priming 처리했을 때, 당근 종자에서 embryo 신장의 증가를 관찰한 Weibe와 Tissen(1979)의 결과와 일치한다.

또한, 유근을 둘러싸고 있는 배유와 종피는 발아에 대한 장애물로 작용하는데, 강 등(1995)은 토마토 종자의 priming처리 후 발아시기에 따른 해부학적 변화를 관찰하여, 유근 정단에 근접해 있는 배유 부위의 침식을 확인하였다. 또한 그 침식 정도는 priming 처리에서 더욱 분명하게 나타났으며, 발아시 유근 돌출 부위인 micropylar cavity의 열개도 훨씬 빨랐다고 보고하였다.

3. Priming 처리가 유묘의 초기 생육에 미치는 영향

표 11은 미나리 종자의 유묘출현율과 유묘출현소요일수 및 유묘출현균일도에 미치는 priming 효과에 대한 결과로써, priming 처리는 앞선 실험 결과를 통해 선발한 처리농도와 처리기간을 이용하였다.

유묘출현율 및 유묘출현균일도에 있어서는 무처리와 다른 삼투제 간에 유의차가 없었는데, 생육상보다 광환경이 좋은 온실의 환경 조건으로 인해 priming 효과가 상쇄된 것으로 생각된다. 그러나, 유묘출현소요일수는 KNO_3 4%에서 무처리보다 1일 정도 앞당겨졌으며, KH_2PO_4 4%도 비교적 소요일수가 단축되었다. priming에 의한 유묘출현소요일수의 단축은 초기 생육이 느린 미나리 생산 체계의 효율성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

Table 11. Effect of priming on the emergence rate(ER), mean emergence time(MET) and emergence uniformity(EU) of *O. stolonifera* DC. seedlings in a greenhouse

Seed treatment[z] Osmotica	Conc.(%)	ER(%)	MET(days)	EU
$Ca(NO_3)_2$	6	77.6 a[x]	11.1 a	2.01 a
$NaNO_3$	4	80.0 a	11.0 ab	2.06 a
KH_2PO_4	4	79.6 a	10.6 bc	2.10 a
KNO_3	4	76.0 a	10.3 c	1.59 a
Control[y]		73.6 a	11.2 a	2.20 a

x Mean separation within a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

y Seeds were stratified with sand in the outdoors.

z Seeds were primed for 3 days at 15℃ in a growth chamber with light. Seeds were sowed in urethan sponge.

Table 12. Effect of priming on the seedling growth of *O. stolonifera* DC. in 35 days after sowing.

Seed treatment[z] Osmotica	Conc.(%)	Plant height(cm)	No. of leaves	Fresh weight(g)
$Ca(NO_3)_2$	6	8.7 a[x]	2.9 a	1.48 ab
$NaNO_3$	4	8.9 a	3.2 a	1.41 b
KH_2PO_4	4	8.7 a	2.7 a	1.26 c
KNO_3	4	8.8 a	3.0 a	1.50 a
Control[y]		8.6 a	3.1 a	1.30 bc

x Mean separation within a column by Duncan's multiple range test at 5% level.

y Seeds were stratified with sand in the outdoors.

z Seeds were primed for 3 days at 15℃ in a growth chamber with light. Seeds were sowed in urethan sponge. Seedlings were grown with An's solution in a greenhouse.

유묘출현이 균일하지 않을 경우, 수확의 규모나 일관성이 떨어지게 되고 (Gray, 1976), 또한 시간이 지남에 따라 육묘상의 환경은 점점 더 나빠지게 됨으로 빨리 출현한 유묘일수록 좋은 상태를 유지할 수 있으며, 대규모의 생산 체계에서는 유묘출현소요일수 뿐만 아니라 균일도도 중요한 요인으로 작용한다고 한다.

표 12는 파종 35일 후 유묘의 초기 생육에 미치는 priming의 효과를 알아보기 위해 생육 조사를 한 결과인데, 초장과 엽수에 있어서는 유의차가 없었지만, 생체중의 증가에는 KNO_3 4%의 처리가 가장 효과적이었으며, $Ca(NO_3)_2$ 4% 에서도 생체중이 증가했음을 알 수 있었다. 이는 들깨 종자를 $Ca(NO_3)_2$로 priming처리하여 유묘출현소요일수가 단축되었으며, 초기 생육도 증진되었다는 강 등(1995)의 보고와 일치한다. 그러나, Brocklehurst와 Dearman(1984)의 보고에 따르면 KH_2PO_4로 당근과 양파 종자를priming 처리할 경우, 유묘출현율뿐만 아니라 발아율도 감소하였다고 하는데, 이러한 염류 priming의 경우, 이온들이 종자 내로 흡수되어 세포 내의 삼투 균형을 깨거나, 높은 이온 농도로 인해 세포막과 효소의 활성을 저해하기 때문이라고 한다(Greenway, 1980). 이처럼 염류 priming은 당근이나 양파, 오이와 같이 내염성이 약한 작물에서는 발아나 유묘출현에 해롭게 작용하지만 내염성이 강한 작물은 이에 덜 민감하게 반응하여 priming의 효과가 나타나므로, 작물에 따른 염류 priming에 대한 반응의 차이는 염도에 대한 내성의 차에 기인한다고 할 수 있다. 미나리 역시 여러 무기염들을 삼투제로 이용하더라도 발아와 유묘의 출현이 향상되는 priming 효과가 잘 나타났으므로 염도에 대해 민감하게 반응하지 않는 것으로 추찰된다.

Priming 처리에 의한 미나리 종자의 발아 촉진은 주년 생산 체계의 효율성을 향상시키는데 중요한 한 요인이지만, priming 처리 종자의 향상된 발아능을 유지하면서도 장기간 저장할 수 있는 저장 조건에 관한 연구도 수행되어져야 할 것으로 생각된다.

제 3장 미나리의 품질향상을 위한 연구

제 1절 보광처리, 차광처리, 광질처리 및 fog처리가 미나리의 생육에 미치는 효과

1. 서론

미나리 수경재배시 시설내 환경에 의해 미나리의 생육은 상당히 달라지기 때문에 시설내에서 고품질 미나리를 생산하기 위해서는 인위적으로 적정 환경조건을 유지시켜 주어야 하는데, 지금까지 환경에 따른 미나리 생육양상에 관한 연구는 전무한 실정이다. 특히 광환경은 시설재배에서 매우 중요한데 미나리는 장일상태에서 줄기가 신장하고 굵어지게 된다. 일반적으로 소비자는 미나리 줄기를 탕거리로 많이 이용하고 있기 때문에 특히 단일기에 보광에 따른 미나리 생육과 품질에 미치는 영향을 구명하여야 할 것이며, 적정 처리시기나 적정 처리기간, 광질, 차광 등에 관한 실제적인 연구가 요구되고 있는 실정이다.

2. 재료 및 방법

가. 광의 처리시기 및 처리기간에 따른 미나리의 생육반응

30/15℃의 변온조건에서 발아한 종자를 6월 30일에 스폰지 위에 파종하여 육묘한 후 8월 25일 하우스 내에 설치한 미나리 수경재배상에 정식하였고 9월 1일부터 보광을 실시하였다. 광처리는 1개구를 2m×1m로하여 각 구별로 60W 백열전구를 3개씩 1m 높이로 배치하였다. 사면을 흑색 PE film으로 가려서 보광시 다른 처리구와 격리시켰으며 위쪽은 개방하여 기온의 상승을 방지하였다. 양면을 완전히 감아 올릴 수 있게 하여 주간에는 햇빛이 가리지 않도록 하였다. 보광 개시 후 매 10일마다 생육조사를 실시하였고 시험구는 완전임의배치 3반복으로 수행하였다. 한편 무처리로 남겨 두었던 대조구는 1개월 후 각 처리구와 위치를 바꾸어 실시하여 이전 처리구와 비교하였다.

나. 차광처리에 의한 수경미나리의 생육반응

7월 30일에 파종하여 스폰지 위에서 육묘한 묘를 9월 15일에 하우스 내의 미나리 수경재배상에 재식하고, 9월 25일부터 차광처리를 하여 실험하였다. 차광에는 흑색차광망과 한냉사를 이용하였고 시험구는 구당 2개씩으로 하여 1m 높이로 전면을 피복하였다. 실험 당시 하우스 내의 최대조도는 90,000lux였고, 20% 구는 70,000lux, 50% 구는 46,000lux, 그리고 80% 차광구는 17,000lux 정도였다. 처리 후 매 10일마다 생육조사를 실시하여 무처리구와 비교하였다.

다. 보광 시 광질에 따른 수경미나리의 생육반응 및 품질변화

7월 30일에 스폰지 위에 파종, 육묘한 후 9월15일에 하우스 내 수경재배상에 재식하고 9월25일부터 형광등, 백열등 등, 여러가지 조명구로 보광하면서 생육반응을 조사하였다.

시험구의 크기 및 배치는 시험 1과 같이 하되 백열등은 60W 3개씩, 형광등은 40W 2개, 수은등은 200W 1개를 사용하였다. 보광시간은 일몰 후부터 일출 시까지로 하였고, 수경양액은 안우범 미나리양액을 매일 교체하면서 시험을 실시하였다. BCR film 처리구는 2m×1m×1m의 크기로 BCR film을 완전히 피복하였다. 생육조사는 매 10일마다 실시하였다.

라. Fog 처리에 따른 생육반응 및 품질변화

6월 30일에 파종한 미나리를 스폰지에 육묘하여 8월 25일에 폭 12m에 길이 20m 하우스 내에 설치되어 있는 수경재배상에 정식한 후, 9월 1일부터 시험을 실시하였다. 하우스를 반으로 나누어 처리구와 무처리구로 구분하였으며, fog 처리는 간헐적으로 실시하였으며 처리에는 세기상사의 Fog 제조장치를 이용하였고 매 10일마다 생육 반응을 조사하였다.

3. **결과 및 고찰**

가. 광의 처리시기 및 처리기간에 따른 미나리의 생육반응 시험

그림 1과 2에서 보는 바와 같이 10일 처리는 대조구와 별 차이가 없는 반면, 처리기간이 길수록 초장, 엽폭 및 경경 등 여러 면에서 우수한 경향이었으며 특히 30일 처리에서 현저한 차이가 나타났으나, 경수는 처리간에 대차가 없었다. 또한 무처리구나 10일 처리구 등에서 엽병만 자라고 소자가 선호하는 줄기는 별로 자라지 않는데 비해, 30일 처리구에서는 줄기 자체가 서서히 신장하여 상품성이 높아지는 경향이 있으므로 보광기간은 길수록 유리할 것이다.

Fig 3. The growth response of water dropwort treated with different supplemental lighting period

한편 처리시기에 따른 반응은 그림 3에서 보는 바와 같이 큰 차이가 없었다. 이러한 결과로 보광은 초기부터 실시하는 것이 유리할 것으로 사료되며, 특히 일장이 짧은 시기에는 보광의 중요성이 더욱 클 것으로 보인다.

나. 차광처리에 의한 수경미나리의 생육반응

Table 1. The effect of shading on growth of hydroponicaly grown water dropwort.

Rate of shading (%)	Sampling day	Plant height (cm)	Leaf width (mm)	Stem diameter (mm)	No. of stems
	5 October	11.4	8.9	2.0	4.0
0	15 October	22.3	10.9	4.0	4.0
	20 October	37.2	20.0	4.5	5.0
	5 October	10.1	8.7	2.1	4.1
20	15 October	18.4	11.9	3.2	4.1
	20 October	38.2	23.1	3.5	4.5
	5 October	13.0	10.8	2.1	4.1
50	15 October	20.9	12.4	3.2	4.5
	20 October	29.3	18.5	4.0	5.6
	5 October	14.6	11.7	2.0	3.7
80	15 October	24.7	12.6	2.4	4.0
	20 October	28.2	14.2	2.6	5.0

Fig 4. The growth response of water dropwort treated with different shading rate.

표 1에서 보는 바와 같이 초장과 엽폭의 경우, 초기에는 차광율이 높은 50% 및 80% 차광구에서 다소 높은 편이었으나 시간이 지날수록 차이가 줄어 후기에는 대조구 및 20% 차광구에서 상당히 우세하였다. 이는 아마도 초기에는 차광이 심한 구에서 약간 도장하였다가 생육이 진전됨에 따라 광합성량에서 차이가 생김으로써 이러한 결과가 나타나는 것으로 생각된다. 경경의 생장은 초기에는 비슷하였지만 후기에 들어 80% 처리구에서 현저히 떨어지는 경향을 보였다. 절간수는 그다지 큰 차이를 보이지 않았다.

이전의 보고를 보면 미나리의 광포화점이 타작물에 비해 그다지 높지 않은 것으로 보고되고 있으나 본 시험결과에서는 50% 이상의 차광은 생육에 불리한 것으로 나타났는데, 이는 미나리의 광합성이 광도의 단독적인 영향보다는 처리시기의 온도나 일장 등에 따른 복합적인 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 결과는 하우스를 이용하여 수경재배할 경우 한여름 극고온 장일기를 제외하고는 굳이 차광을 하지 않아도 된다는 것을 나타내며 실제 재배에 있어서 광합성량의 중요성과 광합성에 적합한 조건부여가 더 중요할 것으로 생각된다.

다. 보광시 광질에 따른 수경미나리의 생육반응 및 품질

초기에는 처리간에 별로 차이가 없었으나 시간이 지남에 따라 처리간에 차이가 커지는 경향이었으며, 그림 5에서 보는 초장의 경우 형광등이 가장 컸고, 수은등, 백열등, 나트륨등의 순이었으며 BCR film과 대조구가 가장 낮았다.

엽폭은 그림 6에서 보는 바와 같이 형광등 및 백열등 구에서 후기에 급속히 증가하고 나머지는 대차가 없었다.

그림 2- 6

그림 7에 보는 바와 같이 경경도 초기에는 처리간에 차이가 없다가 생육이 진전됨에 따라 점차 차이를 보였다. 생육후기에 가서는 백열등과 형광등이 처리에서 경경이 가장 컸다. 한편 경수는 처리간에 대차가 없었다.

그림 8을 보면 각 처리구에서 생육한 미나리의 상태가 나타나 있는데 전체적으로 보아 형광등, 백열등 그리고 수은등이 우수하게 나타나고 있고, 나트륨등도 보광효과가 있는 반면 BCR film구는 대조구보다 약간 우세할 뿐 큰 차이를 나타내지 않고 있다.

따라서 미나리 수경재배시 보광은 대단히 중요하고 현저한 효과가 있음을 알 수 있는데 설치비용과 전력비용을 고려할 때 형광등을 사용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

라. Fog처리에 따른 수경미나리의 생육반응과 품질

Fig 9. The growth response of water dropwort due to fog treatment.

그림 9에서 보는 바와 같이 fog 처리구가 대조구보다 약간 우세한 경향이나 큰 차이는 없었다. 이는 처리시기에 따라 어느 정도 다른 반응이 나타날 가능성은 있지만 fog처리 역시 극단적으로 고온장일 상태인 한여름 혹서기를 제외하면 대당 설치가격(250만원 이상)을 고려할 때 그다지 큰 효과를 기대할 수 없을 것으로 사료되지만, 금후 혹서기 재배법이 중요하므로 여러가지 재료의 차광과 함께 복합적으로 검토할 가치는 있을 것으로

본다.

이상의 실험 결과를 종합해 볼 때 하우스를 이용한 미나리 수경재배에 있어서 생육을 촉진하는데는 야간의 보광이 극히 중요하고 보광기간이 길수록 효과가 크며, 초기부터 보광을 실시하는 것이 좋고, 광원으로는 효과 및 비용면에서 형광등을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 또한 일장에 못지않게 주간에 충분한 광합성을 할 수 있는 광조건과 온도조건이 중요한 것으로 사료된다.

차광 및 fog 처리 등은 현재 문제가 되고 있는 혹서기 극복을 위해 복합적으로 도입하여 시험해 볼 가치는 있으나 극단적 고온 장일기인 7, 8월을 제외하고는 별로 필요하지 않을 것으로 보인다.

또한 미나리 수경용 하우스는 환기효율을 높게 하기 위해 측고가 충분히 확보되는 형태로 짓는 것이 바람직할 것이다. 이는 주간에 개방될 경우 진딧물 등이 침입하여 청정재배에 어려움이 있을 것으로 생각되므로 환기가 잘 되는 형태로 하여 측면은 한냉사를 피복하면 편리할 것이다. 본 실험의 경우 여러가지 처리를 위해 각 구마다 격리를 위한 구획이 설치되어 처리 및 운영에 애로가 많았으나 실제재배시는 필요한 광원을 확보하면 되고 또 상호보완적인 효과도 있으므로 광처리는 용이할 것으로 사료된다.

제 2절 CO2 시용에 의한 수경재배 미나리의 광합성 및 생육에 미치는 영향에 관한 연구

1. 서론

시설내의 공기환경은 노지와 다르며, 특히 탄산가스가 부족하기 쉽고 시간과 위치에 따라 농도분포가 다른 것이 특징이다. 따라서 시설내에서 인위적으로 공기환경을 조절하면서 탄산가스를 공급하여 작물의 품질을 향상시키고 생육을 촉진시키기 위해 탄산가스를 시용하고 있다.

탄산가스의 농도가 증가할수록 광합성량은 증가하지만 특정 포화농도 이상에서는 더 이상 증가하지 않을 뿐만 아니라, 고농도에서는 장애가 나타나기도 하는데 보통 작물의 탄산가스 포화점은 1200 1800 ppm이다. 탄산가스 포화점은 대기 중의 탄산가스 농도보다 훨씬 높기 때문에 재배시 탄산가스 농도를 높여줄 필요성이 있다. 더욱이 시설내의 탄산가스 농도는 대기보다 낮고 인위적으로 탄산가스 환경을 조절할 수 있기 때문에 탄산가스 시비를 실용화할 수 있다.

적정 탄산가스 시비량을 결정하는 기준으로는 작물의 종류, 생육단계, 그리고 광도, 수분 등의 조건이 작용한다. 시설내의 탄산가스 시용농도는 다른 조건이 적당할 경우 대개 1000 1500ppm 정도이고, 경우에 따라서는 2000ppm까지도 요구된다. 참고로 엽채류의 경우 탄산가스 시용의 최적농도범위는 1500 2500ppm으로 알려져 있다.

탄산가스 시용은 식물이 광합성을 활발히 할 수 있는 준비가 되었을 때 시작하는데, 통상의 시비시기는 일출 1시간 후부터 환기를 개시할 때까지 약 2 3시간이 된다. 생육 단계별로 보면 발아 직후의 어린 식물은 광합성 능력이 낮아 탄산가스 시용이 효과적이지 못한 것으로 알려져 있다.

2. 재료 및 방법

본 실험은 서울대학교 농생대 유리온실에서 2월부터 동년 10월에 걸쳐 수행하였다. 미나리 종자는 서울대 농생대 실험농장에서 채종하여 층적하였던 것을 사용하였다.

미나리 파종은 2월 17일에 하였으며 45일간 육묘하였다. 탄산가스는 제3 본엽이 전개되기 시작한 4월 10일부터 실험종료일까지 처리하였다. 탄산가스 시용은 액화탄산가스를 이용하였으며, 탄산가스 시용시간은 오전 7:30부터 9:30경까지로 하였다. 흐린 날은 형광등으로 보광하며 처리하였다. 농도 조절은 CO_2 sensor(Horiba GH-250E)와 전자변을 이용하였고 CO_2 농도 계측 및 기상 데이타는 각종 sensor와 Data logger(LI 1000)를 사용하였다. 각 실험구 수경베드는 274cm×90.5cm 크기에, 정식판은 82cm×60.5cm에 42공 규격이며, 재식간격은 10cm×10cm로 하였다. 베드 위에 비닐터널을 씌운 뒤 탄산가스를 공급하였다.

양액은 25℃로 유지하기 위해 가온하였으며 2번에 걸쳐 갱신하였다. 그리고 훈증제를 처리하여 진딧물을 방제하였다.

미나리 엽의 광합성 반응은 Photosynthesis system(LI 6400)으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

(가) CO_2 농도에 따른 미나리의 광합성 반응

1) CO_2포화점 측정

먼저 광도를 조절하며 포화광도를 측정한 후, 이 광도에서 탄산가스 농도를 달리하면서 미나리의 광합성을 살펴보았다(그림 1).

Fig. 1. The CO_2 saturation curve of *O. stolonifera* DC at ℃, 2000μmol•photon/m^2・s

그림. 1에서 보는 바와 같이 1000ppm까지는 CO_2 농도가 높아질수록 광합성속도 또한 비례적으로 증가하다가 1500ppm 그 이상에서는 더 이상 광합성량이 늘어나지 않는 것으로 보아 미나리의 CO_2 포화농도는 1500ppm으로 추정할 수 있었다. 그런데 실제 재배조건에서는 광환경을 비롯한 제반조건이 다르므로 어느 정도 CO_2 포화점은 높아질수도 있을 것으로 보인다.

2) 광에 따른 탄산가스 시용 효과 측정

성적은 싣지 않았으나 미나리의 광포화점은 1800 2000μmol•photon/m^2s 범위에서 나타났는데, 이것을 기준으로 1000μmol•photon/m^2s과 2000μmol•

photon/m2s, 두 가지 광도에서 CO_2 농도에 따른 광합성 속도를 측정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 강광에서는 CO_2 농도가 높을수록 약광보다도 광합성이 활발한 것을 볼 수 있다.

3) 온도에 따른 미나리의 탄산가스 시용효과 측정

수경재배한 미나리를 챔버로 옮겨 기온을 10℃, 20℃, 25℃로 설정한 후, 광합성을 측정하였다. 그림 2에서 보면, 온도와 광합성 관계에서는 뚜렷한 경향이 보이지 않았지만, 온도가 높고 CO_2 농도가 높을수록 온도별 광합성량에서 차이가 커지는 것을 볼 수 있었다.

Fig. 2. The effects of temperature on photosynthesis of *O. stolonifera* DC at 2000 μmol•photon/m2·s

(나) 탄산가스 시용에 따른 미나리의 엽조직 관찰

CO_2 처리 후 20일 지난 미나리에서 엽령이 비슷한 엽을 채취하여 엽 표면조직을 관찰하였다. 다른 보고에서와 같이 CO_2 처리구가 처리하지 않은 구보다 엽의 기공이 작았고, 조직이 더욱 노화되어 있는 것을 볼 수 있었다. 따라서 CO_2를 처리하여 생육을 촉진시키려면, 엽의 노화가 일어나기

전에 생육을 충분히 진전시킬 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다.

(다) 미나리의 탄산가스 시용에 따른 생육반응

세 차례에 걸쳐 생육조사를 하였던 바, 표 1에서 보이는 것과 같이 초장과 엽병길이, 포복경수 등에서 처리간에 차이가 나타났으나, 다른 조사 항목에서는 큰 차이가 나타나지 않았다.

초장은 2200ppm 시용구가 전 생육기간에 걸쳐 가장 높았으며, 다음으로 1500ppm구였고 750ppm구가 초장이 가장 짧았다. 엽병길이도 2200ppm구가 가장 길고, 750ppm구가 가장 짧은 것을 보여 주었다. 포복경수는 생육후기로 가면서 CO_2 시용구가 대조구보다 포복경의 발생이 적었다.

한편 엽수, 포복경 수, 포복경 길이, 마디수, 근장, 생체중, 건물중에서는 CO_2처리의 효과가 나타나지 않았다.

Table 1. The effects of CO_2 application on photosynthesis of *O. stolonifera* DC..

Date	Treatment	Plant height (cm)	Patiol length (cm)	No. of leaf	No. of runner	No. of internod	Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
							leaf	root	leaf	root
4/29	2200ppm	27.1 az	11.1 a	4.6	2.4	-	13.9	5.51	0.89	0.33
	1500ppm	23.0 b	8.6 b	4.9	2.7	-	13.9	6.33	0.93	0.35
	750ppm	19.9 c	8.4 b	3.8	2.6	-	12.0	5.55	0.89	0.35
	Control	22.9 b	7.9 b	4.1	3.0	-	14.8	6.53	1.03	0.38
	F	17.96***	6.59**	1.59ns	1.05ns	-	0.94ns	1.53ns	0.68ns	1.70ns
5/6	2200ppm	39.8 a	20.9 a	7.0	1.9	2.0 a	32.9	8.10	2.10	0.42
	1500ppm	36.5 b	19.1 a	7.0	1.5	1.3 ab	28.1	6.73	1.89	0.38
	750ppm	33.3 c	16.0 b	7.0	1.5	0.9 b	25.1	6.85	1.80	0.39
	Control	38.1 ab	18.6 a	5.3	2.4	2.0 a	28.1	6.53	1.84	0.42
	F	6.80**	5.31**	2.33ns	1.18ns	4.61**	0.98ns	1.14ns	0.36ns	0.17ns
5/18	2200ppm	64.75 a	41.5 a	9.17	0.75 b	4.0	78.4	9.13	5.23 a	0.51
	1500ppm	61.58 a	38.0 a	9.58	0.67 b	4.1	71.2	9.44	5.22 a	0.53
	750ppm	55.0 b	32.4 b	9.50	1.08 b	3.6	57.5	10.3	3.83 b	0.52
	Control	62.42 a	37.6 a	8.50	2.08 a	3.7	68.9	9.7	4.53 ab	0.54
	F	9.02**	6.67***	0.87ns	6.43***	2.54ns	2.49ns	0.37ns	2.95*	0.12ns

z Mean seperation within a column by duncan's multiple range at 5% level

*, **, ns Significant at $P \leq 0.05$, 0.01 and nonsignifigant respectively

각 처리구별 엽면적을 비교해 보았을 때 통계적인 유의성이 없었으며, 미나리 엽중 엽록소 함량 또한 처리구간에 차이가 나타나지 않았다.

광합성 반응과는 달리 미나리에서 탄산가스 시용이 생육에 큰 차이를 보이지 않았다. 그것은 온실 내의 광 및 온도 등 환경조건이 처리구간 동일하지 않았기 때문일 것으로 추정된다. 그 예로써 태양 고도에 따라 일중 수광량의 차가 큰 것과 아울러 터널내 고온에 의한 생육장해를 들 수 있을 것이다.

제 3절 양액재배 미나리의 체내 질산태질소 함량저감에 관한 연구

1. 서론

미나리는 일본, 중국, 만주 및 동남 아시아 일대에서 널리 재배되고 있는 향신 채소로서 우리 나라에서는 비타민, 섬유소, 칼슘 등의 중요한 흡수원으로 자리잡고 있다. 또한 간 기능을 향상시키는 약용 성분 등을 다량 함유하고 있어 건강 식품으로서의 기능이 부각되고 있다(김 등, 1987).

근래 국민 생활 수준의 향상과 더불어 소비자의 기호가 점차 변해감에 따라 미나리에 대한 수요는 연중 지속되므로 미나리의 주년 공급이 요청되고 있다. 그러나 관행의 미나리 재배는 주로 벼의 휴작기인 겨울부터 봄에 걸쳐 이루어지고 있고 물 속에서 작업해야 하는 등 노동 조건이 매우 열악하며, 최근 도시 근교의 생활 폐수와 공장 폐수 유입으로 인한 재배수의 오염 또한 심각한 문제로 부각되고 있다. 그리고 노동력의 고령화로 인하여 생력적인 미나리 생산과 청정 재배 방식의 도입이 적극 요청되고 있으며, 이에 따라 최근 수경 재배를 통한 미나리의 주년적인 생산의 필요성이 더욱 강조되고 있는 실정이다(김 등, 1987).

지금까지의 시설을 이용한 작물 생산은 질적인 면보다 양적인 면에 초점을 맞추어왔으나, 앞으로 변해가는 소비자의 요구에 맞추어 환경 조건의

조절과 효율적인 관리를 통한 고품질의 작물 생산이 요구되고 있다. 미나리에 있어서 품질을 결정하는 주요한 요소로서는 줄기의 굵기나 길이, 부드러움과 향 등을 들 수 있지만, 최근 노지재배보다는 특히 수경 재배에서 문제시되고 있는 작물 체내 질산태 질소의 함량 또한 품질을 좌우하는 요소로 부각되고 있다.

식물체내에 존재하는 질산태 질소는 생육에 필요한 질소원으로 이용되기 때문에 그 자체로는 해가 없으나 질산태 질소 함량이 높은 채소를 동물이나 인간이 섭취하게 되면 소화 과정중에 질산태 질소가 아질산 형태로 환원되고 발암 물질인 nitrosamine 복합체를 형성하여 설암이나 위암(gastric cancer)을 유발하는 것으로 밝혀졌다(Forman 등, 1985; 이 등, 1992). 그리고 혈관내 nitrite 함량이 높으면 hemoglobin의 철을 산화시켜 methemoglobin을 형성하게 되는데, 유럽의 경우 신생아의 8 10%가 청람증(청람증; methemoglobinemia, blue baby syndrome)을 일으키는 것으로 보고되었다(Wright와 Davison, 1964; Maynard 등, 1976; Sohn과 Oh, 1993).

질산태 질소는 뿌리를 통하여 흡수되고 도관(xylem)을 통해 이동하며 생육에 이용되고 남은 여분은 줄기나 잎의 액포에 다량 저장되기 때문에 동화 산물이 저장되는 과실 채소보다는 주로 잎을 생식으로 하는 잎 채소류에 다량 농축되게 된다(Blom-Zandstra, 1989).

특히 수경 재배시 질소원의 대부분이 질산태 질소 형태로 공급되고 있기 때문에 그 문제의 심각성은 크다고 하겠다. 네델란드의 경우 하루에 성인 1인당 섭취하는 질산태 질소의 함량은 약 143mg으로 추정되고 있는데 그 중 83.9%인 120mg 정도는 채소를 통해 흡수하는 것으로 알려졌다. 세계보건 기구(World Health Organization)에서는 하루 질산태 질소 섭취량을 3.75mg/kg(체중), 아질산태 질소는 0.13mg/kg으로 각각 규제하고 있으며, 최근 유럽 각국에서도 양액 재배로 생산된 잎 채소류의 질산태 질소 함량을 적극적으로 규제하고 있는 추세이다. 이미 네델란드 정부는 겨울철 온

실 재배용 상추와 endive의 체내 질산태 질소 함량을 생체중으로 각각 4,500mg/kg과 3,500mg/kg으로, 여름철에는 각각 3,500mg/kg과 2,500mg/kg으로, 독일에서는 3,000mg/kg으로 규제하고 있으며, 점차 그 수준을 낮춰갈 전망이다(Reinink와 Groenwold, 1987; Benoit와 Wiebe, 1992; Richardson과 Hardgrave, 1992; Reinink 등, 1994).

따라서 본 연구는 수경 재배 미나리의 생육이 원활히 이루어지는 상태에서 수확전 수일간 양액 조정(solution conditioning)과 환경 조절을 통하여 체내 질산태 질소 함량을 낮추고 고품질 미나리 생산에 필요한 기초 자료를 얻고자 수행되었다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 12월 10일부터 익년 9월 11일까지 서울 대학교 원예학과 유리온실과 polyethylene(PE) film 하우스에서 수행되었다. 유리 온실 내 온도는 겨울에도 25℃ 이상 유지되도록 하였으며, 여름에는 지나친 온도 상승을 막기 위해 측창을 열어 환기시키고 25% 차광망으로 외면 피복하였다.

실험에 공시한 미나리는 보성 지방종을 전년도에 채종하여 3개월 이상 노지에서 층적 처리한 종자로 육묘한 모종을 사용하였다.

Conditioning 전에 사용한 양액은 모든 실험 공히 서울대에서 개발한 미나리 전용 양액(안과 이, 1991)이었으며, 이의 조성은 겨울과 봄에는 대량원소로서 NO_3-N 11, NH_4-N 3, P 3, K 4, Ca 2, Mg 1me/L 및 Fe 3ppm, 미량원소로서 B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.05, Cu 0.02 및 Mo 0.01ppm이었고, 여름에는 NO_3-N 13, K 6me/L만 다르고 나머지 조성은 겨울과 동일하였다. 사용한 비료염으로는 $NaNO_3$, KNO_3, $Ca(NO_3)_2$, $NH_4H_2PO_4$, $MgSO_4$•$7H_2O$, EDTA•Na•Fe•$3H_2O$, H_3BO_3, $MnSO_4$• $4H_2O$, $ZnSO_4$•$7H_2O$, $CuSO_4$•$5H_2O$ 및 Na_2MoO_4•$2H_2O$이었다.

양액 공급시의 pH와 EC는 각각 6.2와 1.36으로 생육 전반에 걸쳐 별도

로 보정하지는 않았으며, 처리후 시료 채취시마다 pH meter (HI8424, Hanna instru- ments)와 conductivity meter (HI8733, 동회사)를 이용하여 각각 측정하였다.

시료 채취 후 생체중을 측정하고 120℃ dry oven에서 1시간 건조시킨 다음 65℃에서 3일간 말렸으며, 이후 무기 성분 분석을 위하여 마쇄한 다음 40mm 체로 거르고 플라스틱 봉지에 넣어 통기가 잘 되는 암소에 보관하였다.

식물체의 전질소는 $HClO_4$:H_2SO_4:H_2O=90:5:55의 비율로 섞은 분해액으로 습식 분해하여 일정액을 희석한 후 indophenol-blue 법(식물영양실험법편집위원회, 1990)으로, NO_3-N는 건조 분말 시료 100mg을 45℃에서 1시간 증류수에 침출하여 Cataldo 법(Cataldo 등, 1975)에 따라, PO_4-P는 습식 분해액을 일정 희석한 후 vanadate 법(농촌진흥청 농업기술연구소, 1988)에 의한 비색법으로 Shimadzu UV-2201 UV-VIS spectrophotometer를 이용하여 각각 665, 410 및 470nm에서 비색 측정하여 정량하였다. K, Ca 및 Mg은 위 습식 분해액을 일정량 희석하여 automic absorption spectrophotometer(Perkin Elmer Model 303)를 이용하여 분석(식물영양실험법편집위원회, 1990)하였다. 그 외 Cl의 분석은 건물시료 1g을 1/4되는 CaO와 증류수로 혼합하여 500℃ 전기로(M30A-2C, Blue M lab)에서 탄화시킨 다음 뜨거운 증류수로 여과하여 pH를 6 7 사이로 조정하였다. 그리고 5% potassium chromate 지시약 5방울을 떨어뜨려 0.05N-$AgNO_3$ 표준용액으로 적정하고 아래 식에 의해 함량을 계산한 후 생체중과 건물중의 비에 따라 다시 생체중으로 환산하였다(牛島 등, 1981).

$$Cl(mg/g \cdot DW) = 1.77 \times \text{소요된 } AgNO_3\text{의 양}(ml)$$

미나리 체내 엽록소 함량은 제2신엽에서 생체중으로 2g을 채취하여 100% ethanol로 24시간 추출한 후 5배 희석하여 649 및 665nm에서 비색 측정한 다음, 아래 식에 의해 그 함량을 계산하였다(牛島 등, 1981).

chlorophyll a (mg/l) = $13.7A_{665} - 5.76A_{649}$

chlorophyll b (mg/l) = $25.8A_{649} - 7.6A_{665}$

total chlorophyll (mg/l) = $6.1A_{665} + 20.04A_{649}$

모든 실험은 완전 임의 배치, 3 반복으로 수행하였으며, SAS 통계 처리를 이용하여 분산 분석과 상관 분석을 통한 유의성 검정을 수행하였다.

1. Conditioning 기간중 양액의 NO_3^- 대체가 미나리 생육과 체내 질산태 질소 함량에 미치는 영향

본 실험은 12월 10일부터 익년 2월 17일까지 유리 온실에서 수행되었다. 미나리 종자를 polyurethane sponge에 파종하여 물에서 발아시킨 후 안우범 양액으로 육묘하였으며, 본엽이 4 5매(초장 10㎝) 정도 되었을 때 cell 당 2개체씩 styrofoam(90×60×3cm, W×L×D) 4개를 1반복으로 정식하였고, bed와 styrofoam 사이를 차단하여 증발에 의한 양액의 손실을 줄였다. 세 베드에 양액 450L를 공급하여 수위가 3cm 되도록 유지하여 담액수경하였으며, 액온은 전열 온상선을 이용하여 25℃가 유지되도록 하였다. 정식후 2주째 300L의 양액을 추가로 공급하였다. 그리고 실험 전반에 걸쳐서 베드당 60W 백열등 2개씩을 설치하여 17:00 24:00HR, 08:00 09:00HR까지 전조하여 일장이 16시간 되도록 하였다. 정식후 30일째부터 conditioning 처리를 시작하였으며, 첫번째 처리의 양액 조성은 KCl 4, $CaCl_2$ 2, $MgSO_4$ 1 및 KH_2PO_4 3 me/L로 양액내 NO_3^--N를 전부 Cl^-(6me/L)로 대체[이하 Cl 대체양액]하였으며, 두번째 처리의 양액은 KCl 4, $CaCl_2$ 2, $MgSO_4$ 1, $NH_4H_2PO_4$ 3 및 $(NH_4)_2CO$ 1 me/L의 조성으로 하여 NO_3^--N를 NH_4^+ : Cl^- = 3 : 6(me/L)가 되도록 교체하였다. 세번째 처리로는 양액 전부를 수돗물로 교체하였으며, 네번째 처리로는 수돗물로 교체한

후 3일째부터 4일간 요소 1,000ppm 용액을 엽면에 시비하였다. 대조구로서 안우범 양액을 새로이 교체하여 주었으며, 모든 양액의 공급량은 450L였다.

Conditioning 처리 당일인 2월 14일부터 17일까지 8일간 양액의 EC와 pH 및 미나리 생육과 체내 질산태 질소 농도, 염소 이온 농도를 조사하였다.

2. Conditioning 기간 중 광도와 일장이 미나리 생육과 체내 질산태 질소 함량에 미치는 영향

본 실험은 1995년 3월 18일부터 동년 5월 28일까지 유리 온실에서 수행되었다. 파종후 본엽 3매 정도 전엽하였을 때 cell 당 2개체씩 styrofoam에 정식하였으며, 육묘시 환경 조건은 실험 1과 동일하게 하였고, 백열등에 의한 장일 처리 대신 자연일장으로 하였다. 정식 후 36일째부터 conditioning 처리를 시작하였으며, 양액 조성은 실험 1에서 사용한 Cl 대체 양액과 같았다. 일장은 17:00 22:00HR와, 08:00 09:00HR 사이에 각각 200W 고압 수은등(수관 부위에서 110μmol•m^{-2}•s^{-1})으로 베드당 2개씩 설치하여 14시간 동안 조명되도록 하였으며, 17:00 04:00HR와 08:00 09:00HR사이에 조명한 20시간 일장 처리 및 150W 고압 나트륨등(수관 부위에서 320μmol•m^{-2}•s^{-1})으로 20시간 일장 처리도 아울러 실시하였으며, 대조구로서는 인공적인 전조 처리 없이 자연일장으로 하였다.

Conditioning 처리 기간중 매 2일 간격으로 미나리 생육과 엽록소 함량, 질산태 질소 함량, 전질소(total nitrogen), NO_3^--N, P, K, Ca, Mg 및 Cl를 분석하였다.

3. Conditioning 기간중 NH_4^+가 미나리 생육 및 체내 질산태 질소 함량에 미치는 영향

본 실험은 7월 14일부터 9월 11일까지 P.E. film plastic house에서 수행되었다. 파종 후 육묘 과정은 전과 동일하며 양액은 KNO_3 2me/L가 추가된 안우범 양액을 공급하였다. 액온은 대기 온도가 높아서 별도로 가온하지는 않았으며 본엽이 3매 전엽한 8월 8일 styrofoam에 정식하였고, 17일째에 양액을 갱신하였다. 정식후 22일째에 conditioning 처리를 시작하였는데, 모든 처리 공히 실험 1에서의 Cl 대체 양액을 사용하였고, 6일후 NH_4^+가 0.5, 1.0 및 2.0me/L이 되도록 NH_4Cl 비료염을 추가하였다. 대조구로서 별도의 비료염을 추가하지 않은 안우범 양액과 Cl^- 대체 양액을 사용하였다.

양액의 pH, EC 및 식물체 성분 분석은 8월 25일 및 8월 30일부터 9월 11일까지 매 3일마다 조사 또는 분석하였다. 그리고 conditioning 기간중 가시적 품질을 측정하기 위해 chroma meter(CR-200, Minolta)를 이용하여 엽색을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

1. Conditioning 기간중 양액의 NO_3^- 대체가 미나리 생육과 체내 질산태 질소 함량에 미치는 영향

그림 1은 처리 기간중 conditioning 양액의 EC와 pH를 나타낸 것이다. EC의 변화는 수돗물로 대체한 처리구만 제외하고 유의적인 변화는 없었다. 다만 NH_4^+Cl 처리구에서 약간 증가하였으며 양분이 전혀 없는 수돗물에서는 매우 낮은 결과를 보였다.

pH의 변화는 수돗물과 Cl 대체구에서 일정한 수준을 유지하였고, 대조구에서는 약간 감소하다가 다시 증가하였다. 미나리는 수생 식물이라 암모니아태 질소를 우선적으로 흡수한다(Maynard 등, 1976; Ikeda와 Osawa, 1980; Ikeda와 Osawa, 1981; 이와 이, 1991)고 알려져 대조구에서는 처리후

5일째 4.63까지 떨어지다가 질산태 질소를 흡수하기 시작하면서 다시 증가하는 경향을 나타내고 있지만, Cl+NH4 처리구에서는 계속 감소하여 수확시에 3.59까지 떨어졌다.

일반적으로 식물체가 질산태 질소를 흡수하게 되면 근권부에 OH- 이온이 많이 생성되고, CO2로부터 생성된 HCO3- 때문에 pH는 상승하는 반면, 암모니아태 질소를 흡수하게 되면 양액에 H+이 축적되어 pH는 낮아진다고 한다(Kirkby와 Mengel, 1967). 이러한 현상은 양액의 NO3:NH4의 비를 달리 처리하였을 때 NH4의 비를 높일수록 pH 감소의 폭이 커졌다는 이와 이(1991)의 결과와 일치한다.

정식후 30일 동안 전용 양액에서 수경 재배한 미나리를 7일간 질소 전량을 수돗물과 요소 엽면 시비, Cl 6me/L 및 Cl 6me/L +NH4 3me/L로 대체한 양액으로 conditioning 처리하여 수확시에 살펴 본 생육은 표 1과 같다. 대조구와 비교해 초장은 처리간에 유의적인 변화가 없었으며, 절간수와 포복경수에 크게 영향을 미쳐 절간수는 수돗물 대체구에서 가장 적었고 Cl+NH4 대체구에서 대조구와 비슷한 양상을 보였다. 양액 대체에 따른 절간 수의 변화는 평균 절간장의 차이로 대조구에서 가장 길었지만 처리간에 유의적인 변화는 없었다(p=0.05).

포복경수는 대조구에서 많았고 Cl 대체구에서 가장 적었으며, 그 외 처리간에 유의성은 없었다. 포복경수에서는 양액의 대체 효과가 나타났음에도 불구하고 절간장과 비슷하게 포복경 길이에는 변화가 보이지 않았다.

이처럼 양액 대체에 따라 생장보다는 발육에 더 큰 영향을 미친 것은 생육에 필요한 원활한 양분의 공급이 불가능하여 이미 발생한 마디나 포복경의 발육에는 지장이 없었으나 이들의 발생에는 지장이 있는 것으로 판단되며 이후에 더 연구되어야 할 것으로 생각된다.

질소를 다른 이온으로 대체하였을 때 주근장이 큰 영향을 받았는데, 대

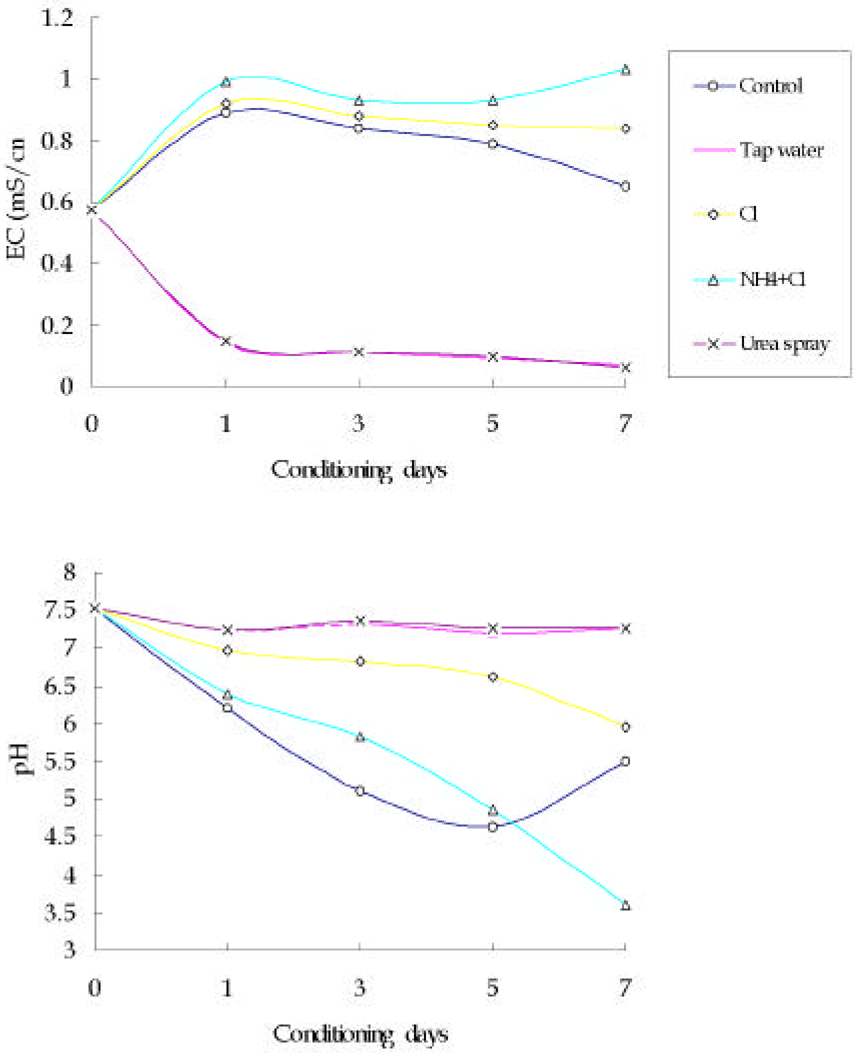


Fig. 1. The EC and pH changes of nutrient solution used for *O. stolonifera* DC. culture during conditioning period.

Table 1. The conditioning effects of nitrogen free nutrient solution applied for 7 days before harvest on the growth of hydroponically grown *Oenanthe stolonifera* DC.

Conditioning[z]	Plant height (cm)	Internode		Runner		Root length (cm)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)		T/R ratio
		No.	length (cm)	No.	length (cm)		leaf	root	leaf	root	
Control	59.6a[y]	5.9a	0.80b	6.8a	53.1a	39.88ab	41.27a	2.55a	3.02a	0.15a	16.73a
Tap water	57.8a	4.9c	1.46a	5.8ab	47.8a	42.10a	28.12b	2.67a	1.86b	0.12ab	11.53b
Cl	57.3a	5.1bc	1.22a	5.7b	49.1a	33.95cd	31.10a	2.53a	2.17b	0.14ab	12.06b
Cl + NH4	62.0a	5.6a	1.28a	5.9ab	47.5a	28.63d	30.20a	2.32a	1.99b	0.11ab	12.73a
Tap water + urea spray	57.8a	5.1bc	1.43a	6.3ab	46.7a	35.95bc	28.12b	2.21a	2.08b	0.10b	12.80a

z Control=An's solution; Cl=substitution of Cl(6me/L) for nitrogen; Cl+NH4=substitution of Cl-(6me/L) and NH4+(3me/L) for nitrogen; tap water+urea spray=foliar spray of 1,000ppm urea soln.

y Duncan's multiple range test, p=0.05

조구보다 수돗물 대체구에서 더 긴 경향을 보였다. 그리고 수돗물 대체구보다 수돗물 대체후 요소 엽면 시비구에서 근장이 짧았는데, 요소 엽면 시비는 미나리 생육을 크게 호전시키지 못한 것으로 생각되며, Cl와 NH4 대체구에서도 비슷한 경향을 보였다. 이는 양액의 NH4가 3me/L 이상 증가하면 뿌리에 직접적인 영향을 미쳐 지하부 생육이 저조하다는 보고(Ruth와 Kafkafi, 1980; Ruth와 Kafkafi, 1983)와 일치하는데, 이것은 근권부의 pH 감소에 기인하는 것으로 밝혀졌다(Bennett 등, 1964; Warncke와 Barker, 1973).

지상부 생체중에서도 비슷한 경향이 나타나 대조구에서 가장 무거웠으며, Cl 대체구보다 Cl+NH4 대체구에서 더 가벼웠다. 또한 수돗물 대체구 및 수돗물 + 요소 엽면 시비구에서 가장 낮은 수치를 보였다. 그러나 지하부 생체중에서는 유의적인 변화가 보이지 않았으며, 지상부 건물중에 있어서도 대조구에서 가장 무거웠고 그 외 처리별 유의성은 나타나지 않았다.

지하부 건물중에서는 안우범 전용 양액에서 재배한 미나리에서 가장 높았으며 수돗물 + 요소 엽면 시비구에서 가장 낮았지만 처리간에 유의적인 차이는 없었다.

지하부에 대한 지상부 생체중 비율은 처리간에 유의적인 변화를 보였고, 대조구에서 가장 높아 지상부 생육이 원활히 이루어진 것으로 생각되며, 질소가 전혀 없는 처리구에서는 비교적 저조한 생육을 나타내 단기간이긴 하지만 미나리의 생육에 질소가 절대적으로 필요하다는 것을 알 수 있었다.

그리고 양분이 전혀 없는 수돗물 대체구에서는 처리 후 3일째부터 늙은 잎 부위부터 낙엽이 지면서 어린 잎 부위에까지 경미한 질소 부족 현상을 보였으며, 수확시에는 경미했던 증상이 상당히 진전해 상품 가치가 전혀 없었다. 또한 수돗물 대체 후 요소 엽면 시비구에서도 수돗물 단독 대체구보다는 약하지만 비슷한 경향을 보여 뿌리로부터 양분 공급 중단에 따른 생육 부진을 방지하기 위해서는 효과적인 엽면 시비 방법이 구명되어야 할 것으로 사료된다.

그림 2는 처리 기간에 따른 초장과 근장, 생체중 및 건물중의 추이를 나타낸 것인데, 대체적으로 주기적인 감소와 증가를 보이고 있다. 이는 처리에 의한 영향이라기 보다는 시료 채취 후의 파괴적인 분석 방법에 기인하는 것으로 생각되며, 처리 기간에 따른 유의적인 변화는 보이지 않았다.

근장은 대조구와 수돗물 대체구에서 꾸준히 증가하는 경향을 보였으나 Cl 대체구에서는 완만한 증가율을 보였다. 그리고 Cl+NH4 대체구에서는 처리후 5일까지 일정한 수준을 유지하다 급격히 짧아지는데, 이는 근권부에 대한 암모니아태 질소의 직접적인 해작용으로 인해 뿌리가 괴사하였기 때문인 것으로 해석된다.

생체중과 건물중은 대조구에서만 꾸준히 증가하는 양상을 보이고 다른 처리에서는 그 증가폭이 크지 않았으며, 처리간에 유의적인 차이도 나타나지 않았다.

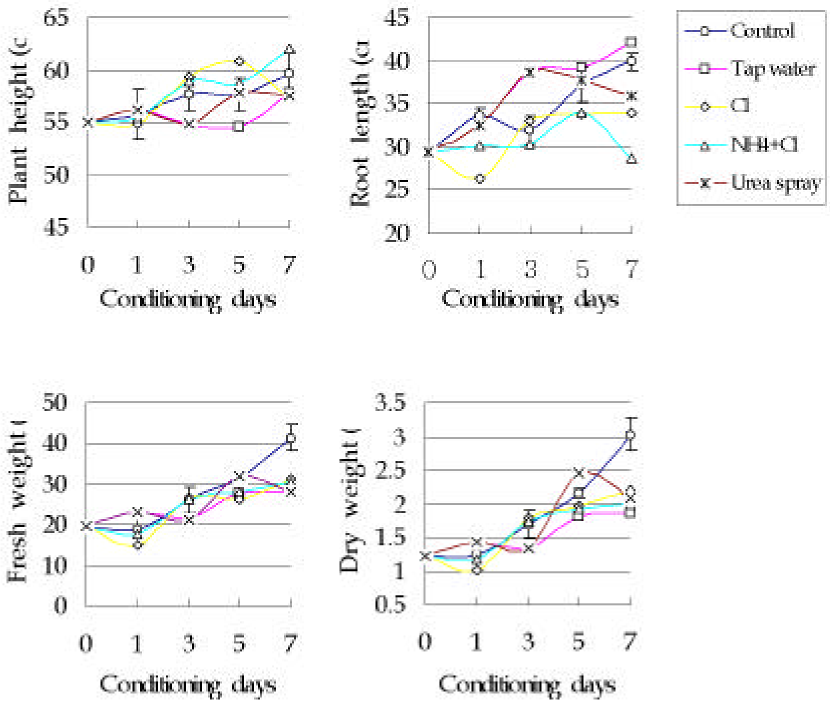


Fig. 2. The conditioning effects of nutrient substitution for 7 days before harvest on the growth changes of hydroponically grown *O. stolonifera* DC. Vertical bars indicate SE.

그림 3은 처리 기간 동안 미나리의 질산태 질소 함량과 염소 함량 변화를 나타낸 것이다.

처리전의 질산태 질소 함량은 3,653ppm이었으나 양액을 새로 교체해 주었을 때에는 4,388ppm까지 증가하였다가 다시 감소하는 주기적인 변화 양상을 보였으며, 대체로 3,300ppm 이상을 유지하였다. 반면에 수돗물로 대체시켰을 경우에는 점차 감소하는 경향을 보였고, 그 수준은 처리후 7일째에 1,949ppm으로 다른 처리에 비해 비교적 높은 경향을 나타냈다. 요소 엽면 시비를 하였을 경우에는 수돗물 단독 대체구와 유사한 경향을 보였다. 그리고 양액의 질소를 모두 Cl로 대체하였을 때에는 처리후 3일째에

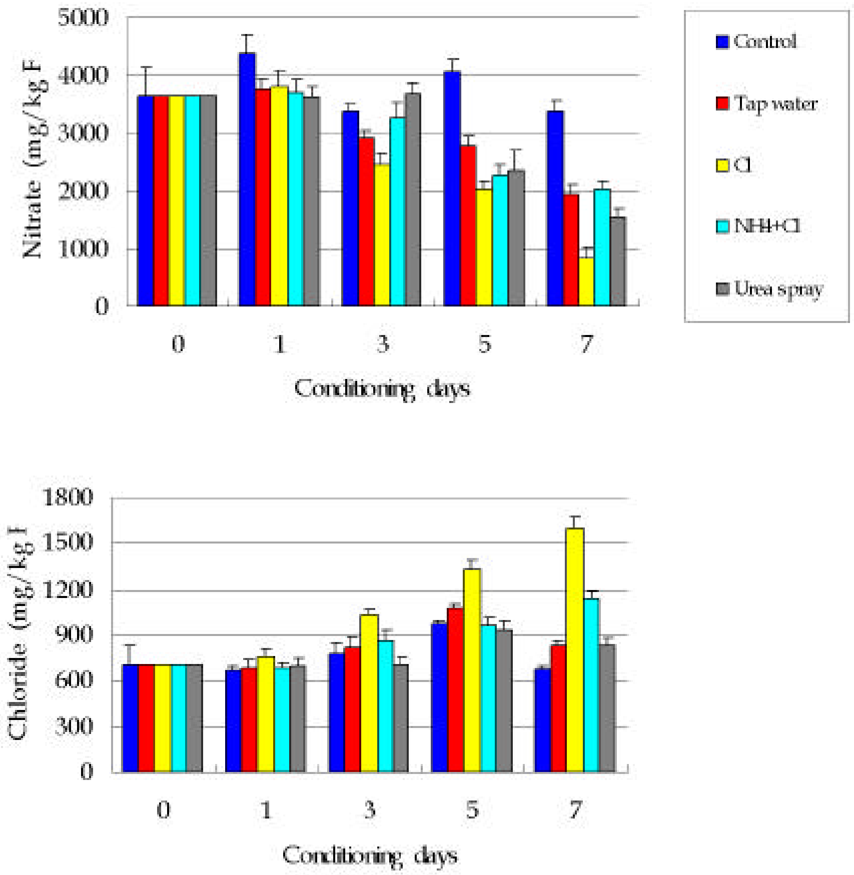


Fig. 3. Conditioning period when nutrient solution was substituted by conditioning solution for 7 days of hydroponically grown *O. stolonifera* DC. Vertical bars indicate SE.

2,452ppm으로 처리전에 비해 32.9%나 감소하였으며, 처리후 5일째부터 급격히 감소하는 경향을 보였다. 암모니아태 질소를 추가로 공급할 경우에는 처리전보다 감소하였으나 Cl 단독처리보다 더 낮아지지는 않았다.

한편 미나리의 염소 함량은 질산태 질소와 상반된 양상을 보였는데, 대조구에서 초기에 702ppm에서 처리 기간중 970ppm까지 증가하였으나 다시 673ppm으로 일정한 수준을 유지하였다. 그러나 질산태 질소가 가장 낮았

던 Cl 단독처리구에 있어서는 처리 기간이 경과함에 따라 염소 함량이 계속 증가하여 수확시에는 1,597ppm이었다. 그리고 Cl를 처리하지 않은 수돗물 대체구와 요소 엽면 시비구에서는 약간 증가하는 경향을 보였으나 유의성은 인정되지 않았다.

표 2는 미나리의 질산태 질소와 염소 함량을 나타낸 것인데, 대조구의 질산태 질소 함량은 3,371ppm인 것에 반해 Cl 대체구에서는 840ppm으로 대조구에 비해 75.1%나 감소하였다. 또한 수돗물 대체후 요소를 엽면 시비하였을 때에는 1,539ppm으로 54.4% 감소하였으며, 수돗물 대체구와

Table 2. The effects of nutrient solution substitution for conditioning solution for 7 days before harvest on nitrate and chloride contents of hydroponically grown *Oenanthe stolonifera* DC.

Conditioning[z]	Nitrate content (mg/kg FW)	Chloride content (mg/kg FW)	Percentage over control	
			nitrate	chloride
Control	3371.3a[y]	673.4d	100.0 %	100.0 %
Tap water	1949.0b	833.2c	57.8	123.7
Cl	839.9c	1596.9a	24.9	237.1
Cl + NH4	2023.2c	1133.9b	60.0	168.4
Tap water + urea spray	1538.9b	830.4c	45.6	123.3

[z]Control=An's solution; Cl=nitrogen was substituted by Cl(6me/L) in nutrient solution; Cl+NH4= nitrogen was substituted by Cl(6me/L) and NH4(3me/L); tap water+urea spray=foliar spray of 1,000ppm urea solution.
[y]Duncan's multiple range test, p=0.05

Cl+NH4 대체구에서는 비슷한 양상을 보여 각각 42.2 및 40% 감소하였다.

염소 함량은 대조구에 비교하여 Cl 대체구에서 2.4배 증가하였으며, 질산태 질소가 가장 높았던 대조구에서 염소 함량은 가장 낮았다.

이와 같은 결과들은 Veen과 Kleinendorst(1985)의 보고와 일치하는데, 고광도 조건에서 양액에 PEG와 NaCl을 처리하여 osmotic stress를 부여하면 *Lolium multiflorum* 뿌리에서 염소 이온이 다량 흡수되고, 가용성 탄수화물이 체내에 집적됨에 따라 체내의 질산태 질소 함량이 크게 감소하였다고 한다.

그림 4는 conditioning 기간중 반복 평균간의 질산태 질소와 염소 함량 사이의 상관 정도를 분석한 결과이다. 질산태 질소 함량이 증가함에 따라 염소 함량은 감소하는 경향을 보였다. 그 상관 계수는 r=-0.616으로서 고도로 유의하게 나타나 강한 부의 상관 관계를 보였다. 따라서 미나리의 체내 염소 함량이 높을수록 질산태 질소 함량은 낮다고 볼 수 있는데, 이는 질소 대사에 이용되고 액포에 저장되어 있던 여분의 질산태 질소가 식물체내의 팽압을 유지하기 위한 osmoticum으로 작용하는 것으로 사료된다. 이

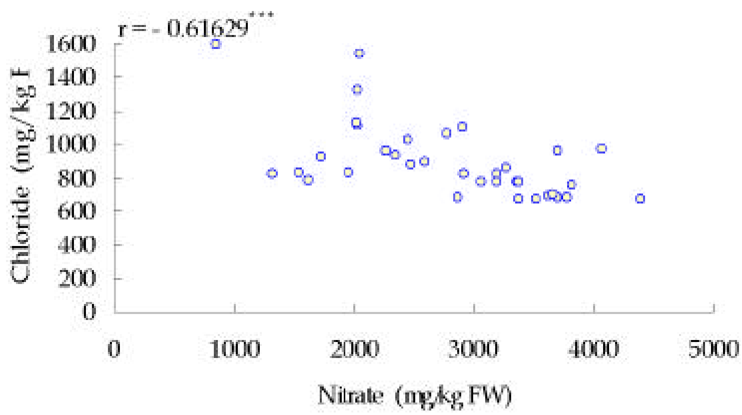


Fig. 4. The correlation between nitrate and chloride contents of hydroponically grown *O. stolonifera* DC. when nutrient solution was substituted by conditioning solution for 7 days.

러한 사실은 Bloom-Zandstra와 Lampe(1985)에 의해 밝혀졌는데, 52일간

정상적인 조건에서 생육시킨 상추를 각기 다른 광도로 처리하였을 때, 광도가 증가할수록 plant sap의 질산태 질소 함량은 감소한 반면 유기산과 당 함량은 증가하였다고 한다. 그리고 저광도 조건에서는 광합성이 원활히 이루어지지 않아 세포내의 삼투압을 유지하기 위해서는 질산태 질소를 부족한 만큼 흡수하며, 이렇게 흡수된 질산태 질소는 체내 삼투압을 유지하기 위한 osmoticum으로 작용한다고 주장하였다.

그리고 식물체가 삼투압을 유지하기 위해 이온을 흡수하는 기작은 특이적이지 않고비특이적으로 작용하는 것으로 생각되며, 액포에서 세포질로 전이되어 나온 질산태 질소는 질산 환원 효소에 의해서 질소 대사에 이용되는 것인지 혹은 염소 이온과 대체되어 뿌리 밖으로 배출되는 것인지는 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

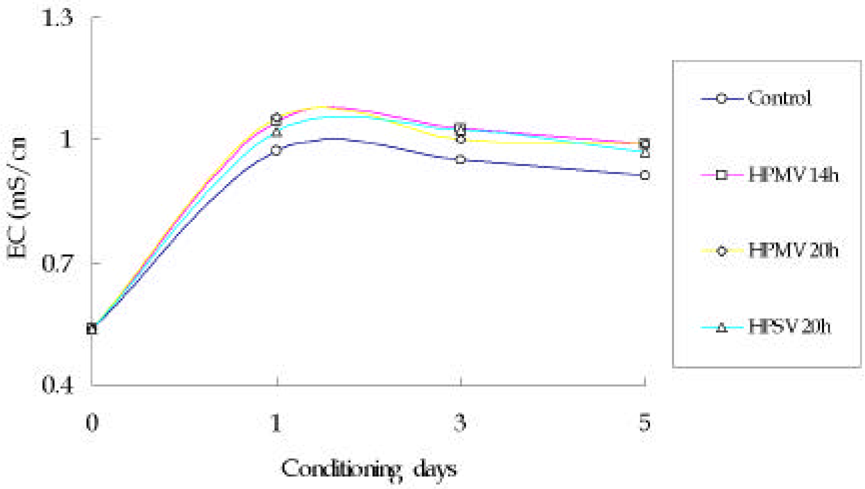
2. Conditioning 기간중 광도와 일장이 미나리 생육과 체내 질산태 질소 함량에 미치는 영향

정식후 미나리를 안우범액에서 36일간 생육시킨 후 5일간 conditioning 처리를 한 양액의 EC와 pH의 변화는 그림 5에 나타난 바와 같다.

EC는 양액 대체전에 0.54에서 대체후 1.0 수준으로 증가하였으나 처리기간이 경과함에 따라 큰 변화는 나타나지 않았다. pH는 네 처리 모두 꾸준히 저하하여 $110 \mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 수준으로 20시간 일장처리한 구에서 6.86이었고, 다른 세 처리구는 6.5 6.6 범위에 머물렀다. 그러나 양액 대체전과 대체후 하루째의 pH 변화 및 처리 기간중의 pH 변화를 살펴보면, 처리 기간중의 pH 변화는 그리 크지 않음을 알 수 있다.

생육 양상은 표 3과 같은데, 대조구에 비해서 초장은 비교적 감소하는

경향이었고 110μmol•m-2•s-1의 20시간 일장 처리구에서 약간 증가하는 경



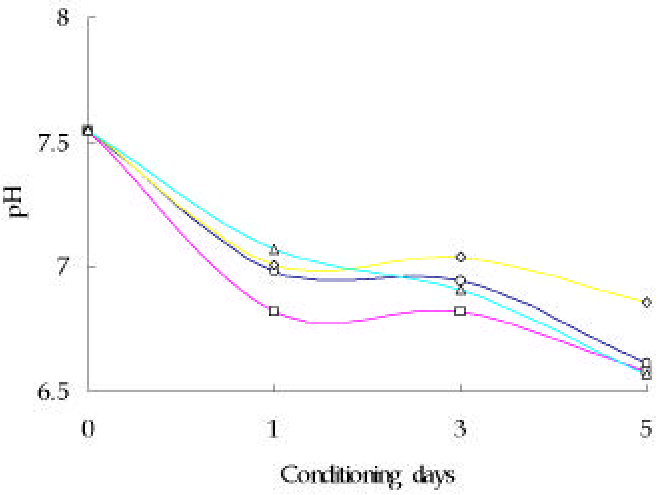


Fig. 5. The effects of photoperiod and photosynthetic photon flux on changes of EC and pH of nutrient solution used for *O. stolonifera* DC. culture during conditioning period. HPMV(high pressure mercury vapor lamp, 110μmol•m-2•s-1), HPSV(high pressure sodium vapor lamp, 320μmol•m-2•s-1).

Table 3. The effects of supplementary lighting with substitution of conditioning solution for nutrient solution for 5 days before harvest on growth of hydroponically grown *Oenanthe stolonifera* DC.

Photoperiodz	Plant height (cm)	Internode		Runner		Root length (cm)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)		T/R ratio
		No.	length (cm)	No.	length (cm)		leaf	root	leaf	root	
Control	70.7aby	5.2a	5.17a	7.0a	69.8a	41.13a	64.61ab	4.11b	4.57a	0.46a	17.34a
14h HPMV	67.8b	4.7b	5.03a	6.8a	62.7b	32.89b	58.93b	6.19a	4.49a	0.38a	9.74c
20h HPMV	72.7a	5.4a	5.11a	6.4a	69.5a	38.18a	73.45a	6.16a	3.85a	0.40a	12.32b
20h HPSV	68.5ab	5.0a	5.02a	6.7a	69.5a	42.84a	70.97ab	4.22a	4.22a	0.39a	15.36a

z Control=natural daylength; HPMV=200W high pressure mercury vapor lamp(110μmol/m2/s); HPSV=150W high pressure sodium vapor lamp(320μmol/m2/s). nitrogen in all nutrient solution was substituted by Cl- 6me/L.
y Duncan's multiple range test, p=0.05

향을 나타냈다. 이는 절간장에 큰 차이가 없고 다른 처리구에 비해 절간수가 감소한데 기인한 것으로 사료된다.

포복경수는 일장과 광도에 따라 유의적인 변화는 없었으나, 포복경 길이는 14시간 일장처리구에서 감소하였다.

Nam Kung 등(1994)에 의하면 포복경의 생성에는 단일 조건이 유리하고 포복경의 발육에는 장일 조건이 좋다고 고찰하였는데, 비록 처리 기간이 짧아서 처리간 포복경수는 큰 변화는 없었지만 포복경의 길이는 장일상태에서 증가하여 위의 보고와 유사한 결과를 보인 것으로 사료된다.

지상부의 생육 양상과 비슷하게 지하부의 주근장도 14시간 일장 처리구에서 현저히 감소하였으며, 지상부 생육은 일장이 길어짐에 따라 현저히

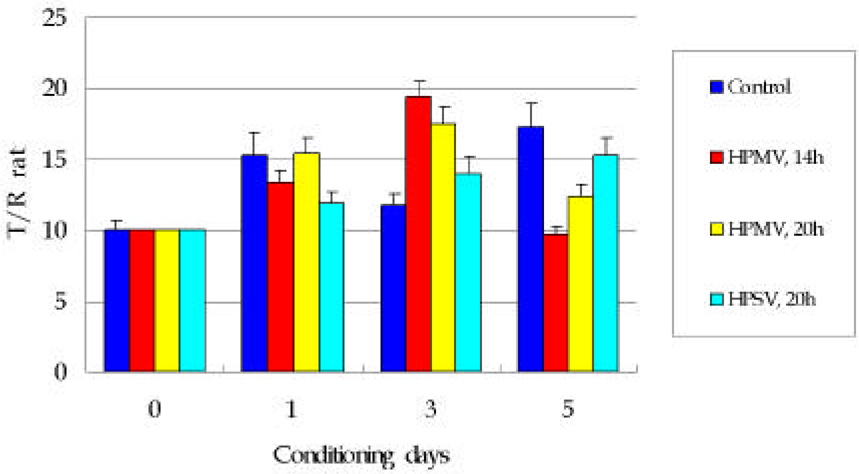
증가하였지만, 여전히 14시간 일장 처리구에서 가장 낮았다. 지하부 생체중은 대조구에서 가장 낮았으나 처리간 유의적인 변화가 보이지 않았으며, 지상부 및 지하부 건물중에도 차이가 없었다. 따라서 지상부의 변화에 따라 지하부에 대한 지상부의 비율(T/R ratio)은 처리간에 유의적인 차이를 보여 대조구와 20시간, 320μmol•m-2•s-1에서 가장 높게 나타나 양호한 생육을 보였으며, 14시간 110μmol•m-2•s-1에서 가장 낮았다. 이처럼 14시간 일장 처리에서 대조구인 자연일장 처리구보다 낮은 생육을 보인 것은 자연일장 처리보다 오히려 14시간 일장 처리가 단일상태였기 때문으로 추측되는데 5월 25일경의 자연일장은 14시간 이상으로 추정된다.

T/R ratio는 대조구에서 증가와 감소의 주기적 양상을 보이지만 수확시에는 다시 유의적으로 증가했으며, 14시간 일장에서는 반대의 경향을 보였다(그림 6).

20시간 일장 처리시에는 110μmol•m-2•s-1 PPF 하에서 T/R ratio가 증가하다가 수확기에는 감소하였으며, 320μmol•m-2•s-1 PPF에서는 꾸준히 증가하였다. 이는 일장 및 광도가 뿌리 생장보다는 지상부 생장에 직접적인 영향을 끼치는 것으로 생각되며 광도가 증가할수록 지상부 생육이 증가한 결과로 추찰된다.

건물중에 대한 생체중의 비율(DWR)에서도 비슷한 경향을 보여 일장이 증가하면 그 비는 낮아지는 경향이었다. 일장과 광도가 증가하면 그에 따른 광합성 효율이 증가하고 호흡은 감소하여, 결과적으로 많은 광합성량에 따라 건물 축적률이 증가하기 때문인 것으로 사료된다.

그림 7은 conditioning 기간중 미나리 제2신엽의 엽록소 함량의 추이를 나타낸 것인데, 엽록소 a, b 및 총 엽록소 함량은 처리간에 유의적인 차이가 보이지 않았다. 그러나 14시간 단일 처리구에서 비교적 높은 경향을 보여 20시간보다는 14시간 일장 처리구에서 잎의 생장이 원활하지 않아 엽면적이 증가하지 않았던 것으로 사료된다. 따라서 단위 엽면적당 세포수는



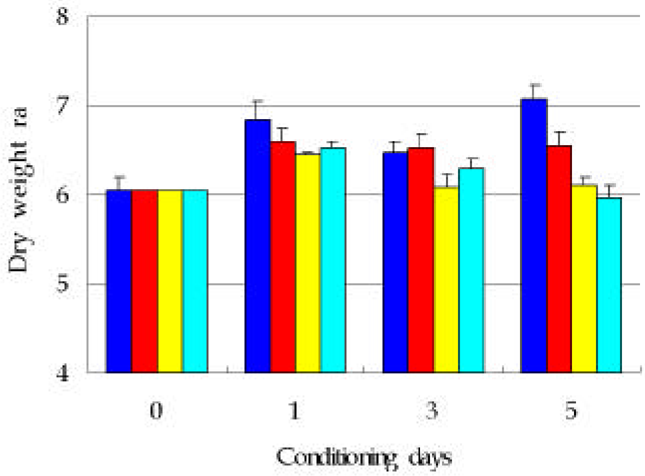


Fig. 6. The effects of supplementary lighting with 110 μmol•m-2•s-1 and 320 μmol•m-2•s-1 PPF and several photoperiods during conditioning period on growth changes of hydroponically grown *O. stolonifera* DC. Vertical bars indicate SE. HPMV and HPSV see Fig. 5.

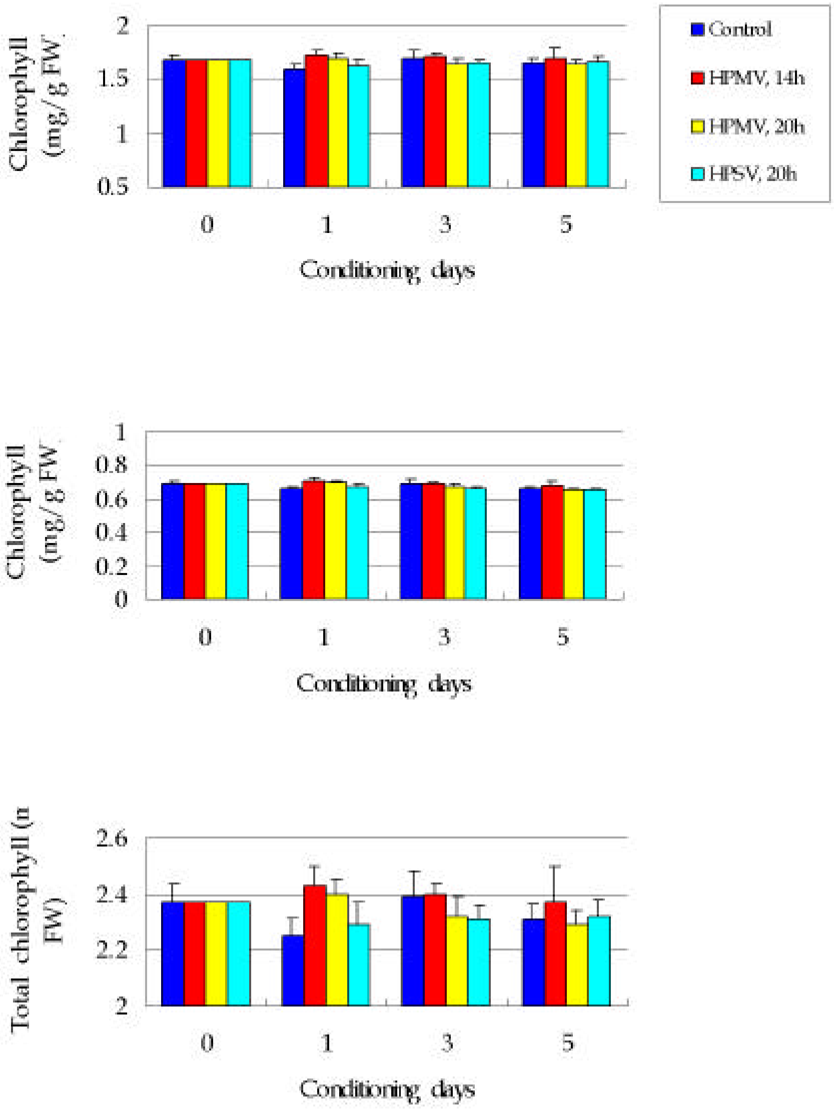


Fig. 7. The chlorophyll content changes of hydroponically grown *O. stolonifera* DC. during conditioning period when nutrient solution was substituted by conditioning solution under several photoperiods. Vertical bars indicate SE. HPMV and HPSV see Fig. 5.

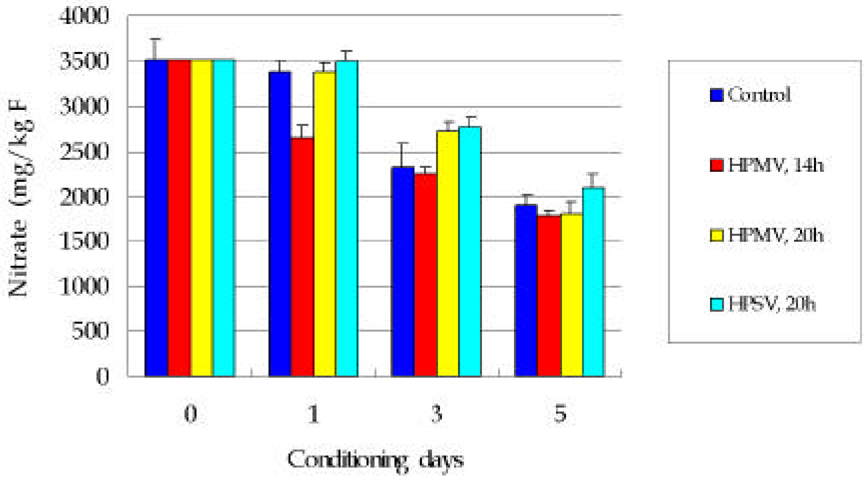
많게 되고 엽록소의 함량이 증가했던 것으로 추찰된다.

일장과 광도 처리에 따른 미나리의 질산태 질소와 염소의 함량 변화를 그림 11에 나타내었다. 질산태 질소 함량은 모든 처리에서 처리 일수가 경과함에 따라 대체적으로 감소하는 경향을 보였다. 다른 처리에 비해 수은등으로 14시간 일장 처리한 것이 처리후 하루만에 3,514ppm에서 2,645ppm으로 24.7%가 유의적으로 감소하였으며, 일장 처리 일수가 길어질수록 그 감소 비율은 작아졌다. 그리고 14시간에서 20시간으로 인공 조명 시간을 연장시켰을 때 대체로 미나리의 질산태 질소 함량은 대조구보다 오히려 높아지는 경향이었으며, 광도별 영향은 크지 않은 것으로 나타났다.

염소 함량의 추이에 있어서는 질산태 질소 함량과 상반되는 결과를 보였는데, 일장과 광도 처리 기간이 길어질수록 점차 증가하는 추세였다. 특히 14시간 수은등으로 인공 조명하였을 때 처리전 471ppm에서 처리후 3일째에 1,072ppm으로 228%나 증가하였다. 그러나 처리후 3일이 지나면서 일장과 광도의 영향은 점차 감소하여 처리후 5일째에는 처리간에 염소 함량의 차이가 거의 없었다.

표 4에 실험 종료시 각각의 함량을 나타내었는데, 처리간에 유의적인 차이는 보이지 않았다. 즉 대조구에 비해 질산태 질소 함량이 가장 낮은 14시간 일장에서 6.7%가 감소하였으며, 염소 함량에서는 오히려 감소하는 경향이었다. 그리고 질산태 질소 함량이 10% 증가한 20시간 나트륨등 처리구에서도 염소 함량은 3% 증가하는 양상을 나타냈다.

이러한 결과에 의해 수경 재배한 미나리의 체내 질산태 질소 함량을 낮추기 위해서는 단기간의 일장과 광도 처리의 효과는 기대할 수 없을 것으로 생각된다. 미나리의 질산태 질소의 함량은 처리전보다 크게 낮아졌지만, 수확시에 대조구와 비교하여 처리간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 따라서 처리 일수가 길어질수록 체내의 질산태 질소 함량이 크게 낮아졌던 것은 일장에 의한 효과라기 보다는 Cl 대체에 따른 양액의 효과 때문일 것으로 사료된다.



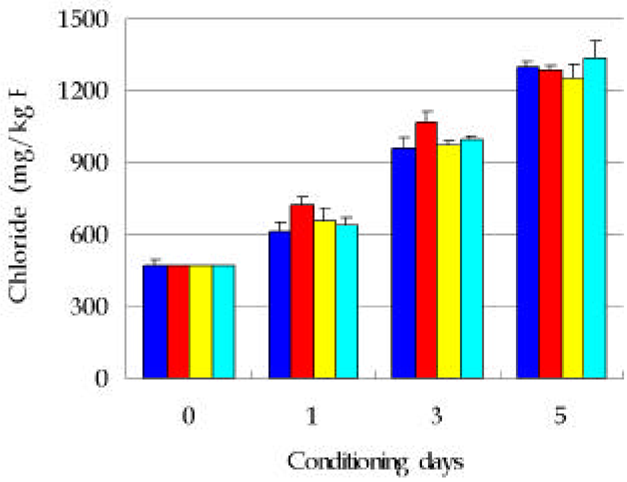


Fig. 8. The changes of nitrate and chloride contents of hydroponically grown *O. stolonifera* DC. during conditioning period when nitrogen was substituted by chloride in nutrient solution. Vertical bars indicate SE. HPMV and HPSV see Fig. 5.

Table 4. The effects of supplementary lighting when nutrient solution was substituted by conditioning solution for 5 days before harvest on nitrate and chloride contents of hydroponically grown *Oenanthe stolonifera* DC.

Photoperiod[z]	Nitrate (mg/kg FW)	Chloride (mg/kg FW)	Percentage over control	
			nitrate	chloride
Control	1903.7a[y]	1298.9a	100.0 %	100.0 %
14h HPMV	1776.0a	1281.9a	93.3	98.7
20h HPMV	1803.5a	1250.5a	94.7	96.3
20h HPSV	2097.2a	1338.5a	110.2	103.0

z Control=natural daylength; HPMV=200W high pressure mercury vapor lamp(110 μmol/m²/s); HPSV=150W high pressure sodium vapor lamp(320 μmol/m²/s). Chloride 6me/L in all nutrient solution was substituted for nitrogen.
y Duncan's multiple range test, p=0.05

Gaudreau 등(1995)에 따르면 50 및 100 μmol•m-2•s-1 수준의 광도에서 상추를 일장별로 재배한 결과 처리 6주후 50 μmol•m-2•s-1에서 최고 28.9%까지 질산태 질소 함량이 감소되었다고 보고하였는데, 본 실험에서 이보다 더 높은 광도 조건에서 상대적으로 대조구보다 질산태 질소 함량이 감소하지 않았던 것은 그 처리 기간이 5일로 질산태 질소를 충분히 낮추기엔 너무 짧았던 것으로 생각된다.

또한 체내 질산태 질소 함량은 일장과 깊은 관련을 맺고 있는데, 질산태 질소를 암모니아태 질소로 환원시키는데에 질산 환원 효소(nitrate reductase;NR)가 작용하고, 이 효소는 뿌리에서 체내로 흡수된 질산태 질소와 광에 의해서 활성화된다고 알려졌다(Rouby 등, 1995). 광상태를 계속 유지하면 이 효소가 활성화되어 체내 질산태 질소를 연속적으로 환원시킬 수 있지만, 짧은 시간이라도 암상태가 주어지면 활성이 바로 사라져 그 효과는 작아지는 것으로 사료된다.

이러한 광의 영향은 Bergareche 등(1994)에 의해 보고되었는데, 질산 환원 효소의 활성에는 phytochrome계가 작용하여, 적색광을 조사하였을 때 62%가 증가하였고, 뒤이은 근적외광에 의해 무효화되었다고 보고되어 광질이 질산태 질소 함량에 크게 관여하는 것으로 사료된다.

미나리의 질산태 질소 함량과 엽소 함량, 생체중 및 건물중과의 상관 관계를 각각 분석한 결과는 그림 9에 나타낸 바와 같다.

질산태 질소와 엽소 함량 사이의 상관 계수는 r=-0.948로서 강한 부의 상관 관계가 나타났는데, 이는 실험 1과 유사한 양상이었다.

그리고 질산태 질소와 생체중 및 건물중과의 상관 계수는 각각 -0.872 및 -0.883으로 각 함량 사이에 고도로 유의적인 강한 부의 상관을 보였다. Reinink 등(1987)에 의하면 상추 품종간 질산태 질소 함량과 건물중과는 강한 부의 상관 관계를 보여 본 실험 결과와 일치하였다. 즉 건물중이 증가할수록 질산태 질소가 감소한 것은 높은 광합성에 의해 체내 동화 산물인 유기산이나 탄수화물 함량이 증가하면 상대적으로 세포의 삼투압은 높아져 질산태 질소의 축적률이 감소하는 것으로 사료된다. 반면에 생체중과는 정의 상관 관계를 보여 본 실험과 상반된 결과를 보였다. 이는 Reinink 등(1987)이 실험에 사용한 상추 품종중에서 질산태 질소가 낮은 품종은 상대적으로 생육이 불량하여 그만큼 광합성이 충분하게 이루어지지 않았고, 본 실험에서는 충분히 생육을 한 상태였기 때문에 건물중과 유사한 결과로 부의 상관 관계가 나타난 것으로 사료된다. 또한 14시간 일장에서 수분 함량이 높아 체내에 질산태 질소가 같은 양 존재하더라도 희석 효과에 의해 그 수준이 더 낮아졌던 것으로 생각된다.

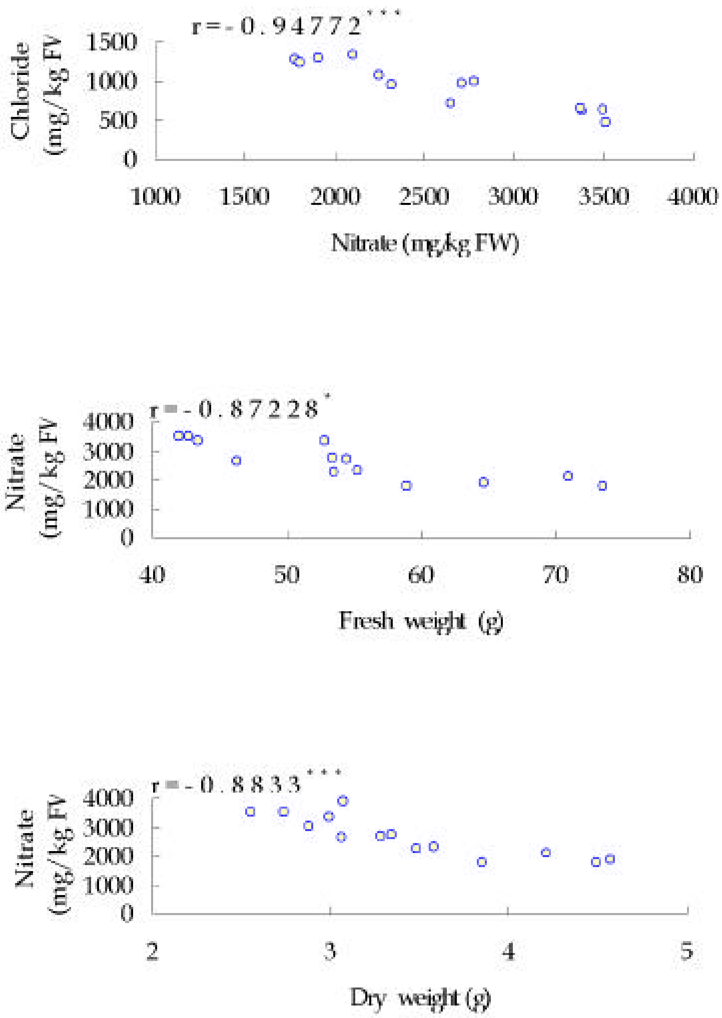


Fig. 9. The correlation between nitrate and chloride contents, fresh or dry weight during conditioning period when treated with supplementary lighting in hydroponically grown *O. stolonifera* DC.

표 5에 미나리 체내 무기물 함량을 성분별로 나타내었다.

전질소 함량은 대조구에서 약간 높게 나타난 반면 PO_4-P의 함량은 대조구에서 가장 낮게 나타났으며, 그 외의 처리간에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

K^+과 Mg^{2+}의 경우 14시간 처리구에 비해 고광도 장일 처리에서 비교적 높은 함량을 보였지만 Ca^{2+} 함량은 처리간에 차이가 보이지 않았다.

Table 5. The effects of supplementary lighting when conditioning solution was substituted for nutrient solution for 5 days before harvest on mineral content in hydroponically grown *Oenanthe stolonifera* DC.

Photoperiod[z]	Mineral content(mg/g DW)				
	Total nitrogen	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	PO_4-P
Control	30.00a[y]	83.50b	8.748a	3.174b	6.773b
14h HPMV	28.66a	85.29b	8.950a	3.444ab	7.843a
20h HPMV	29.37a	95.79a	9.823a	3.573a	8.155a
20h HPSV	30.34a	97.83a	9.458a	3.413ab	8.047a

z Control=natural daylength; HPMV=200W high pressure mercury vapor lamp(110 μmol/m²/s); HPSV=150W high pressure sodium vapor lamp(320 μmol/m²/s). Chloride 6me/L in all nutrient solution was substituted for nitrogen.
y Duncan's multiple range test, p=0.05

각 무기 이온의 농도별 추이를 나타낸 그림 10에서도 위와 비슷한 양상을 보였는데, K^+과 PO_4-P의 경우 질산태 질소 함량이 높은 20시간 장일

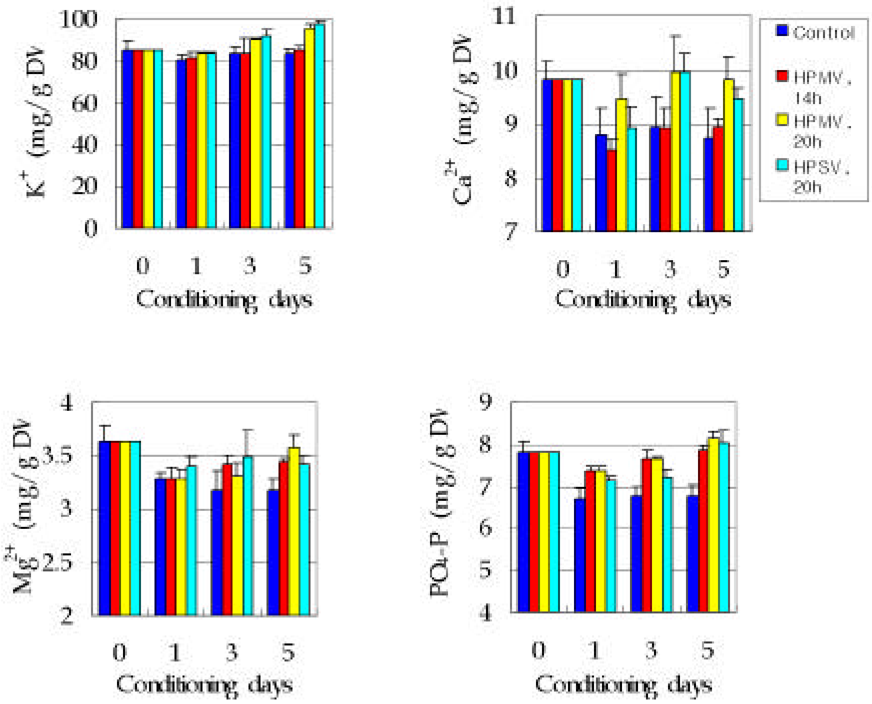


Fig. 13. The mineral content changes during conditioning period when treated with supplementary lighting in hydroponically grown *O. stolonifera* DC. Vertical bars indicate SE.

처리에서 비교적 높은 경향을 나타내었다. 그러나 Ca^{2+} 함량은 일장 및 광도 처리에 따라 유의적인 변화를 보이지 않았으나 단일 처리구보다는 장일 처리구에서 약간 높은 경향이었다.

Mg^{2+}의 경우 대조구에서 가장 낮은 함량을 보였고, 20시간 수은등으로 인공 조명한 처리구에서 가장 높았다. 일장이 길어질수록 K^+과 PO_4-P의 흡수는 비교적 증가하는 것으로 생각되나 광도에 따른 영향은 없었으며, Mg^{2+}의 함량은 처리에 따라 약간 영향을 받았지만 일정한 경향이 없어 일장과 광도에 따른 무기 이온 흡수에 관한 연구가 더 수행되어야 할 것으로 사료된다.

3. Conditioning 기간중 NH_4^+가 미나리 생육 및 체내 질산태 질소 함량에 미치는 영향

정식후 22일간 수경 재배한 미나리를 6일간 양액의 질소 전량을 Cl 8me/L로 대체한 양액으로 처리하고 그 이후 수확기까지 6일간 암모니아태 질소를 0, 0.5, 1.0 및 2.0me/L를 공급하였을 때의 양액의 EC와 pH의 변화를 그림 11에 나타냈다.

EC의 변화를 보면 대조구에서 처리기간 내내 일정한 수준을 유지하였으나 다른 처리구에서는 약간 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보여, 암모니아태 질소 공급량이 많을수록 약간 높은 경향을 나타냈다. 그리고 pH에 있어서도 앞의 실험에서처럼 대조구에서 약간 감소하다가 증가하는 경향을 나타냈으며, 다른 처리에서는 감소하는 경향을 보여 암모니아태 질소가 가장 많은 2.0me/L 처리구에서는 별도로 보정하지 않으면 3.16까지 내려가 이후 뿌리 생육에 직접적인 해를 끼친 것으로 사료된다.

표 6은 수확시 미나리의 생육 양상을 나타낸 것인데, 전체적으로 초장, 절간수 및 절간장에는 처리간에 유의적인 차이가 없었으며, 근장은 Cl만 공급해 준 처리구에서 가장 길었다. 그리고 대조구와 비교해서 Cl에 암모니아태 질소 0.5 및 1.0me/L 공급한 처리구에서 근장이 서로 비슷하였으나 암모니아태 질소 2me/L를 공급해 준 처리구에서는 근장이 현저히 짧아지는 결과를 보여, 그림 11B에서처럼 뿌리 부근의 과도한 pH 저하에 의한 수소 이온의 직접적인 해작용의 결과로 생각된다.

Ruth와 Kafkafi(1980, 1983)는 H^+ 이온은 뿌리로부터 방출된 것으로서 이를 제거하면 NH_4의 해는 발생하지 않으나 방임하면 뿌리의 표면 가까이에 수소 이온이 축적되어 장해가 발생하는 것이라고 추찰하여 본 실험에서

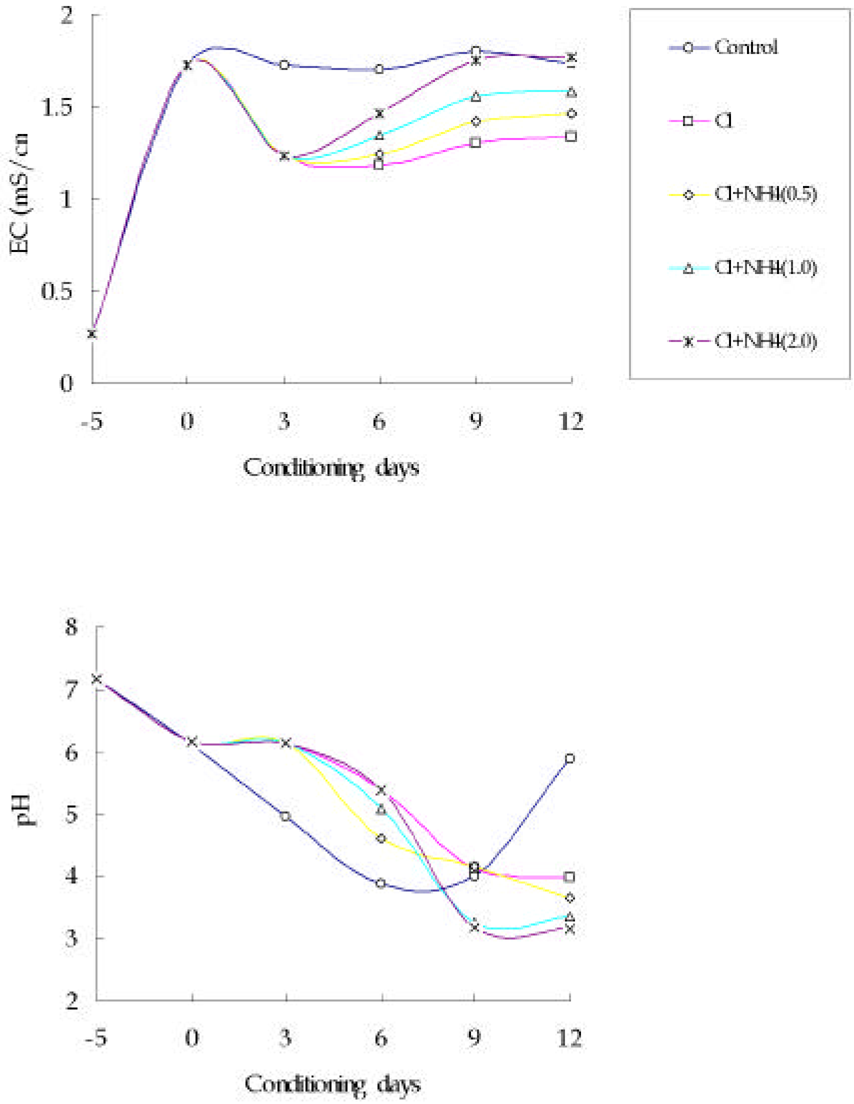


Fig. 11. The effects of substitution of chloride and/or ammonium for nitrogen in conditioning solution on changes of EC and pH in nutrient solution used for *O. stolonifera* DC. culture.

Table 6. The effects of substitution of chloride for nitrogen in nutrient solution for 6 days and subsequent ammonium chloride supply for 6 days before harvest on the growth of hydroponically grown *O. stolonifera* DC.

Conditioningz	NH4Cl conc. (me/L)	Plant height (cm)	Internode		Root length (cm)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)		T/R ratio	DWRy
			no.	length (cm)		leaf	root	leaf	root		
Control	0	49.7ax	4.8a	37.1a	31.0b	14.87a	2.04bc	1.08ab	0.12b	7.4b	7.3c
Cl	0	51.6a	5.2a	41.2a	42.1a	13.53ab	3.95a	1.13a	0.19a	3.6d	8.3ab
Cl	0.5	49.4a	5.2a	37.7a	32.9b	12.77b	2.27b	1.06ab	0.13b	5.7c	8.3ab
Cl	1.0	48.3a	4.8a	40.3a	33.8b	11.93bc	1.55cd	0.95bc	0.10b	7.8b	7.9b
Cl	2.0	50.9a	4.8a	35.9a	22.2c	10.41c	1.05d	0.89c	0.09c	10.0a	8.6a

z Control=An's solution; Cl=substitution of Cl- 8me/L for nitrogen.
y Ratio of fresh weight over dry weight.
x Duncan's multiple range test, p=0.05

도 같은 결과를 보인 것으로 생각된다.

생체중은 대조구와 Cl 단독 대체구에서 높은 경향을 보였으며, 암모니아태 질소의 공급 농도가 증가할수록 지상부 및 지하부 생체중은 현저히 감소하여 결과적으로 건물중의 감소를 초래하였다. 이러한 지상부 생육은 지하부 생육에 의해 영향을 받으며, 암모니아태 질소 농도가 높은 2me/L 처리구에서 지하부 생육이 몹시 불량하여 지상부 생육도 원활히 이루어지지 못했던 것으로 사료된다.

그러나 T/R ratio는 Cl 단독 처리구에서 가장 낮았으며, NH4 농도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 건물률도 대조구와 NH4 1me/L 공급

구에서 가장 낮았으며 그 외 처리간의 차이는 나타나지 않았다.

Table 7. The effects of nutrient substitution of chloride and/or ammonium ion for nitrogen applied for 12 days before harvest on chlorophyll content, leaf color, nitrate and chloride contents of hydroponically grown *O. stolonifera* DC.

Conditioning[z]	NH_4Cl conc. (me/L)	Chlorophyll cont. (mg/g FW)			Leaf color[y] (value)			Nitrate (mg/kg FW)	Chloride (mg/kg FW)
		a	b	total	L	a	b		
Control	0	1.74a[x]	0.67a	2.41a	44.2b	- 19.8bc	+24.3b	3401a	1027c
Cl	0	1.40b	0.56b	1.96b	48.6a	- 20.7d	+29.2a	640d	2278a
Cl	0.5	1.76a	0.67a	2.43a	46.4b	- 19.2c	+25.4b	922c	2022b
Cl	1.0	1.68a	0.67a	2.34a	44.9b	- 17.7ab	+22.5b	1029c	2225a
Cl	2.0	1.70a	0.70a	2.40a	42.7c	- 16.6a	+20.7c	1287b	2324a

z Control=An's solution; Cl=substitution of Cl^- 8me/L for nitrogen.
y L, lightness; a, redness; b, yellowness.
x Duncan's multiple range test, p=0.05

양액 대체후 엽록소 함량과 엽색을 보면(표 7), 전반적으로 Cl 단독 대체구에서만 가장 낮았고 나머지 처리구 사이에는 유의적인 차이가 보이지 않았다. 이는 양액내에 질소가 전혀 존재하지 않아 엽록소 형성에 필요한 효소나 단백질 등의 합성이 다른 처리구에 비해 원활하지 않았던 것으로 생각되며, 반면에 암모니아태 질소 0.5me/L를 공급한 처리구에서는 대조구와 유의적인 차이가 없어 소량의 질소만으로도 외관적 품질을 유지하기에 충

분할 것으로 사료된다.

이러한 결과는 엽색에 있어서도 비슷하였는데, L 값은 Cl 단독 대체구에서 가장 높았고, 암모니아태 질소 0.5~1.0me/L 처리구에서는 대조구와 유사한 수치를 보였다. 또한 a와 b 값에 있어서도 유사한 결과를 보여 그림 16에서처럼 Cl 단독 대체구에서 매우 옅은 담녹색을 나타냈으며, 암모니아태 질소 농도가 증가할수록 녹색이 진해져 2.0me/L 공급시에는 진한 농녹색을 나타내었다.

질산태 질소 함량은 Cl 단독 대체구에서 640ppm으로 가장 낮아 대조구의 81.2%가 감소하였으며, Cl+ NH4 0.5me/L 처리구에서도 922ppm으로 낮은 수준을 보였다(표 7).

그러나 양액내의 암모니아태 질소 농도가 높아질수록 미나리 체내 질산태 질소의 이용률이 낮아져서 그 축적률은 증가하는 것으로 사료되며, 염소 농도에 있어서는 앞의 실험 결과와 유사하게 나타났다.

그림 12은 처리 기간이 경과함에 따른 질산태 질소와 염소 함량의 변화를 나타낸 것인데, 앞의 실험과 유사한 경향을 보였다. 대조구에서의 질산태 질소 함량은 여전히 일정한 수준으로 유지되는 반면 다른 처리구에서는 꾸준히 감소하였고, 암모니아태 질소 농도가 증가함에 따라 그 감소폭이 줄어드는 경향이었다.

염소 함량에 있어서도 대조구에서는 일정한 수준으로 유지되는 반면, 다른 처리구에서는 처리 직후부터 현저히 증가하였으나 그 이후로는 더 이상 증가하지 않아 미나리 체내에 흡수될 수 있는 염소의 최고량은 2,500ppm 미만일 것으로 추측된다.

미나리는 수생 식물로 상당히 내염성이 강한 작물로 알려져 왔으며, 이와 같이 고농도의 염소 처리시에 체내에 염소 함량이 급격히 증가한 것은

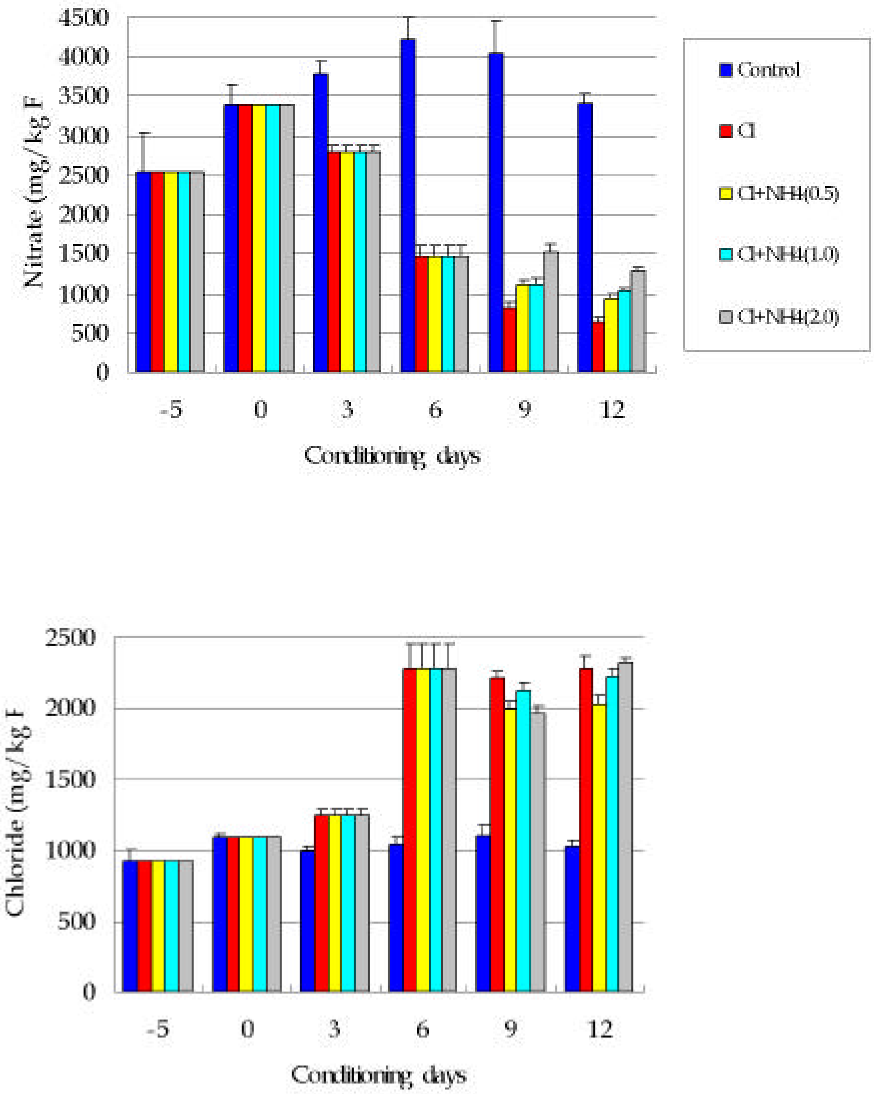


Fig. 12. The changes of nitrate and chloride contents during conditioning period in hydroponically grown *O. stolonifera* DC. Vertical bars indicate SE.

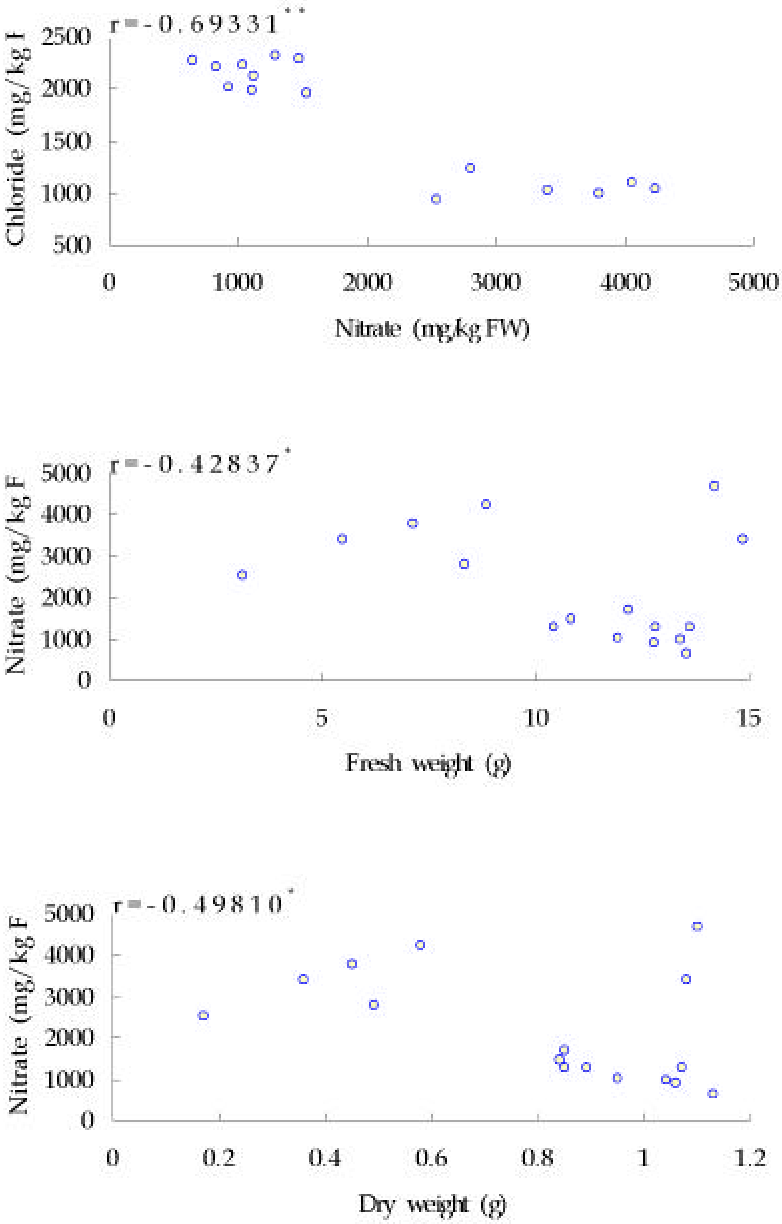


Fig. 13. The correlation between nitrate and chloride, fresh or dry weight during conditioning period of hydroponically grown *O. stolonifera* DC.

외부와 뿌리 세포내의 삼투압을 일정 수준 유지하여 과도한 수분 방출로 인한 수분 스트레스를 어느 정도 감소시켜 주는 것으로 추찰된다.

그림 13은 질산태 질소 함량과 염소 함량, 생체중 및 건물중과의 상관 관계를 나타낸 것이다.

질산태 질소 함량과 염소 함량 사이의 상관 계수는 r=-0.693으로 고도로 부의 상관이 나타났으며, 질산태 질소 함량과 생체중 및 건물중에 있어서도 부의 상관 관계가 나타났다.

Conditioning 처리한 미나리의 무기 성분 함량은 표 8에 나타난 바와 같다.

Table 8. The conditioning effects of nutrient substitution for 12 days before harvest on mineral content of hydroponically grown *Oenanthe stolonifera* DC.

Conditioning[z]	NH_4Cl conc. (me/L)	Mineral content (mg/g DW)				
		Total nitrogen	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	PO_4-P
Control	0	33.13a[y]	87.70a	6.886bc	3.895a	7.213a
Cl	0	19.84e	75.19b	8.455a	2.879c	6.267b
Cl	0.5	22.64d	74.08b	6.809c	2.756c	6.668b
Cl	1.0	28.51c	73.08b	7.385b	2.877c	6.635b
Cl	2.0	31.46b	71.42b	7.281bc	3.114b	6.397b

z Control=An's solution; Cl=substitution of Cl^- 8me/L for nitogen in nutrient solution.

y Duncan's multiple range test, p=0.05

전질소는 대조구에서 가장 높았고, 암모니아태 질소 공급량이 증가함에 따라 전질소의 함량도 점차 증가하는 경향을 보였으며, Cl 단독 대체구에서 가장 낮은 결과를 보였다. K^+과 Mg^{2+} 및 PO_4-P의 함량은 질산태 질소 함량이 높은 대조구에서 가장 높았고, Mg^{2+}을 제외한 다른 성분은 처리간 차이가 인정되지 않았다. Mg^{2+}은 NH_4 2.0me/L 공급구에서 약간 증가하는 경향을 보였다.

제 4장 미나리 양액재배 시스템의 개발

제 1절 미나리 양액재배시 적정 재식간격 및 혈당 재식주수의 구명

1. 서론

제한된 시설내에서 효율적인 재배 및 다수확을 하기 위해서는 효율적인 미나리 수경재배방식체계의 개발이다. 미나리 수경재배 농가의 소득을 높이기 위해서는 무엇보다도 선행되어야 함에도 불구하고 현재까지 이것에 대한 연구는 미미한 상태이다. 미나리 수경재배방식체계의 개발에서 무엇보다도 시급한 것은 제한된 시설내에서 다수확을 꾀하기 위해 수경재배시 필요한 정식판의 적정 재식간격 및 혈당 재식주수에 대한 구명일 것이다.

2. 재료 및 방법

Fig. 1. The landscape of water dropwort to clarify the effect of optimum planting density and number of plants per hole.

정식간격을 5cm×5cm, 7cm×7cm 및, 10cm×10cm 그리고 일본에서 삼엽채용으로 개발된 것으로서 정식간격이 5cm×15cm인 것 등 모두 4가지 재식간격의 정식판을 제작하여 사용하였다. 실험은 장일고온기로 접어드는 4월부터 6월까지와, 단일저온기인 10월부터 12월까지 각각 실시하였다. 30일 동안 육묘한 후 본엽 2엽기에 정식하여 미나리 전용양액인 안우범액에서 35일동안 재배하여 수확한 후 기초생육조사, 단위면적당 수량 등을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

수경재배 미나리의 품질을 적절히 유지하면서 높은 수량성을 보이는 재식밀도 및 재식주수를 밝히고 그에 맞는 미나리 수경재배 전용정식판을 개발하기 위한 실험을 수행하였던 바, 표 1은 4 7월에 실시한 생육조사 결과이다. 초장은 재식간격이 짧을수록, 재식밀도가 높을수록 유의적으로 커지는 경향을 보였는데, 이는 밀식에 도장의 효과 때문인 것으로 생각된다. 반면에 엽수와 포복경장은 재식간격와 재식밀도에 상관없이 일정한 양상을 보였다. 한편 재식간격이 넓을수록 그리고 재식밀도가 낮을수록 포복경이 많이 발생하였는데, 이는 초관이 차지하는 범위가 넓기 때문에 상대적으로 광량이 충분하여 그만큼 광합성이 원활히 이루어진 때문인 것으로 생각된다.

한편 미나리 5개체당의 생체중을 살펴보면 재식간격이 넓을수록 유의하게 커지는 경향을 보였고, 재식주수가 많을수록 생체중이 무거워지는 경향을 나타내었다. 평당수량은 재식간격이 조밀할수록 그리고 재식밀도가 높을수록 높게 나타났다. 7×7cm에서 4주를 심은 구와 재식간격 15×5cm에서 4주를 심은 구에서 단위면적당 수량이 높은 것으로 나타났다. 그러나 5개체당 수량은 재식간격 7×7cm에서 4주를 심은 구보다는 재식간격 15×5cm에서 4주를 심은 구가 수량이 높게 나타났다.

이처럼 재식밀도가 넓을수록 생육이 원활하여 생체중면에서는 더 좋은 결과를 보였지만 평당 수량은 오히려 감소하였는데, 이는 각 개체당 광합성효율이 높아 탄수화물 축적이 많이 이루어졌을지라도 단위면적당 재식주

수는 감소하기 때문에 전체적인 수량은 감소한 것으로 생각된다.

따라서 봄과 여름철에 우량하고 품질이 높은 미나리를 생산하기 위해서는 미나리가 어느정도 원활히 광합성을 할 수 있는 채광조건하에서 재식밀도를 높여주는 것이 바람직스러울 것으로 생각된다.

Table 1. The effect of planting density and number of plants per hole on the growth characteristics of water sropwort(April July).

Treatment		調 査 內 容					
Planting density	No. of plant	Plant height (cm)	No. of leaves	No. of stolons	Stolon length (cm)	Fresh weight (g/5plant)	Amount /*Pyung* (kg)
7×7cm	1	38.0	4.7	3.5	28.8	49.3	5.1
	2	40.5	4.5	2.7	24.1	41.7	8.6
	3	43.9	4.2	2.3	21.2	36.3	11.2
	4	43.8	4.3	2.3	18.6	34.0	14.0
	mean	41.55	4.43	2.70	23.18	40.33	9.73
10×10cm	1	33.7	4.3	4.3	29.6	56.7	4.2
	2	36.8	4.4	3.6	26.1	42.3	6.2
	3	39.6	4.6	3.2	27.8	37.3	8.2
	4	37.8	4.1	3.1	23.6	43.0	12.6
	mean	37.0	4.4	3.6	26.8	44.8	7.8
15x5cm	1	37.2	4.7	4.1	28.4	54.0	4.8
	2	37.3	4.5	3.7	26.8	43.7	7.7
	3	39.8	4.1	3.2	27.6	41.0	10.9
	4	38.1	4.6	3.5	26.4	48.0	16.9
	mean	38.1	4.5	3.6	27.3	46.7	10.1
15×15cm	1	29.4	4.7	4.5	24.3	51.0	1.5
	2	31.6	4.3	4.5	25.1	51.0	3.0
	3	34.9	4.9	4.3	28.5	68.3	6.0
	4	32.5	4.8	5.1	26.7	68.3	7.4
	mean	32.1	4.7	4.6	26.2	59.7	4.5
Planting density(A)z		***	ns	**	ns	**	***
No. of plants(B)		**	ns	**	ns	ns	***
A×B		ns	ns	ns	ns	ns	ns

z Mean seperation within a column by duncan's multiple range at 5% level

*, **, ns Significant at P≤0.05, 0.01 and nonsignifigant respectively

표 2는 10 12월에 실시한 실험의 미나리 생육특성 및 단위면적당 수량을 나타낸 것이다. 초장에 있어서는 4에서 7월사이에 실시한 실험결과 마

찬가지로 재식간격이 짧을수록, 재식주수가 많을수록 길어지는 경향을 보였다. 엽수도 봄에 이루어진 실험결과와 마찬가지로 재식간격 및 재식주수에 영향을 받지 않았다. 또한 포복경수도 재식간격이 넓을수록, 혈당 재식주수가 적을수록 유의하게 많아지는 경향을 보였다. 포복경장을 살펴보았을 때 봄과 여름철에 재배하면 재식간격 및 재식주수에 영향을 받지 않은 반면에 가을과 겨울에는 재식주수가 적을수록 길어지는 경향을 보였다.

가식부위인 지상부 생체중과 지하부의 생체중은 재식간격이 좁거나, 재식밀도가 높을수록 유의하게 증가하는 경향을 보였는데, 10×10cm 간격으로 4주씩 심은 것과 7×7cm 간격으로 4주씩 심은 처리구에서 특히 높은 결과를 보였다. 이는 미나리 생육에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 단위면적당 개체수가 많을수록 생산량은 증가하기 때문인 것으로 사료된다. 단위면적당 가식부위의 수량은 다른 조사항목과 유사하지만, 몇가지 특이한 경향을 보였다. 7×7cm구와 같이 밀식할수록 재식주수에 따른 수량의 차이는 크지 않았다. 반면에 다른 구에서는 재식주수와 단위면적당 수량은 정의 상관이 있는 것으로 생각된다. 10×10cm구와, 15×5cm구에서 볼 수 있듯이 혈당 재식주수가 1주인 경우와 2주일 때는 혈당재식주수가 수량에 미치는 영향이 적었다. 15×15cm구의 2주와 3주에서도 이와 유사한 결과를 나타내었다.

한편 T/R율은 포기당 재식간격이 7×7cm구에서 가장 높아 지하부에 비하여 지상부가 생육에 있어 많은 비중을 차지하고 있는 것을 알 수 있으며, 그에 비해 15×15cm구와 15×5cm구에서 T/R율이 낮아 수확목적부위인 경엽의 생장이 저조하였다. 재식주수가 많아질수록 T/R율이 유의성 있게 높아 역시 재식밀도가 높을수록 지상부의 생육이 촉진됨을 알 수 있었다.

Table 2. The effect of planting density and number of plants per hole on the growth characteristics of water dropwort(Oct. Dec.).

Treatment		Contents						
Planting density (cm)	No. of plants	Leaf length (cm)	No. of leaves	NO. of stolons	Stolon length (cm)	Fresh weight (mg)	Amount of edible part (kg/Pyung)	T/R ratio
7×7	1	41.0	5.2	5.0	30.9	14.7	7.6	5.0
	2	45.5	4.8	3.2	23.9	22.4	11.5	6.3
	3	45.3	4.4	2.6	29.0	21.7	11.2	6.5
	4	48.3	4.7	2.1	16.5	24.2	12.4	6.6
	mean	45.0	4.8	3.2	25.1	20.8	10.7	6.1
10×10	1	41.2	4.7	6.0	32.7	19.8	7.3	5.2
	2	43.9	4.6	3.8	25.1	21.1	7.8	6.3
	3	43.3	4.6	3.8	23.6	26.3	9.7	6.2
	4	47.9	5.2	2.9	26.1	39.2	14.4	6.9
	mean	44.1	4.8	4.1	26.9	26.6	9.8	6.2
15×5	1	38.1	5.2	5.2	28.8	14.6	6.4	4.9
	2	38.7	4.4	3.2	19.7	15.5	6.8	4.5
	3	42.6	5.1	3.0	23.7	24.2	10.6	5.2
	4	45.5	4.8	2.6	24.4	28.6	12.6	6.3
	mean	41.2	4.9	3.5	24.2	20.7	9.1	5.2
15×15	1	41.3	4.8	5.6	30.6	20.3	3.0	5.5
	2	39.9	4.8	4.3	27.1	24.1	3.5	5.3
	3	40.3	4.4	4.0	24.6	25.2	3.7	5.7
	4	42.6	5.0	3.0	19.4	46.8	6.9	5.9
	mean	41.0	4.8	4.2	25.4	29.1	4.3	5.6
Planting density(A)z		***	ns	**	ns	***		**
No. of Plants(B)		***	ns	***	***	***		***
A×B		ns	ns	ns	ns	**		ns

z **, *** is significant at p=0.01, 0.001 and ns is not significant.

전체적인 생육면에서 볼 때, 계절에 따라 상이한 반응을 보이는 것은 광량에 따른 주위 환경변화 즉 온도나 습도에 따라 미나리의 생육이 현저히 달라지는 것으로 생각된다.

현실적인 측면에서 위의 결과를 종합하여 보면, 재식간격을 좁혀 밀식하거나, 혈당 재식주수가 많아지면 생산량은 현저히 높아지는 경향이었지만, 양자간에는 부의 상관이 있기 때문에 동시에 이용할 수는 없을 것으로 생각된다.

따라서 생산량이 높으면서도 고품질을 유지할 수 있는 미나리 적정 재식간격과 재식밀도는 봄과 여름철에는 15×5cm 간격으로 4주씩을, 가을과 겨울에는 10×10cm 간격으로 4주씩을 재식하는 것이 생산량 증가에 바람직할 것으로 사료된다.

제 2절 미나리 양액재배시 적정양액공급방식 및 급액 주기의 구명

1. 서론

수경재배 미나리의 생육을 정상적으로 유지하는 가장 효율적인 양액공급 방식 및 순환펌프의 적절한 가동주기를 파악한다.

2. 재료 및 방법

경제적으로 가장 효율적인 순환펌프 가동주기를 구명하고자 주야간계속 가동, 주간만 가동의 두가지 처리구에 대해서 각각 계속가동, 15분가동/15분정지, 15분가동/30분정지, 15분가동/60분정지의 처리구를 두어 미나리의 전 생육기간에 걸쳐 생육반응을 조사하였다.

또한 일반적 수경재배 시스템과 간헐침지식 시스템을 비교하기 위하여 별도로 2개의 베드를 설치하고 15분동안 배액, 30분동안 배액의 처리를 하여 생육양상을 조사하였다.

서울 농대 실험농장에서 채종한 미나리 종자를 7월 13일에 PE하우스의 NFT수경재배상(수경재배상)에서 미나리를 폴리우레탄 스폰지에 파종, 육

묘하여 7월 27일에 정식한 후 8월 1일부터 실험을 실시하였다.

처리구는 timer를 이용해 급액주기를 달리해 주었고 순환모터를 이용해 양액을 공급하였다. 양액은 안우범 미나리 전용양액을 사용하였다. 3일 마다 양액의 pH, EC, DO를 조사하였고 pH는 5.5 6.5, EC는 1.0 1.2로 유지하였다. 생육조사는 작물의 생육 진전 양상에 따라 8월 20일, 8월 30일의 두 번에 걸쳐 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가) 야간급액정지가 미나리의 생육에 미치는 영향

주간과 야간에 계속해서 급액하여 재배한 방식과 주간에 급액을 하고 야간에는 급액하지 않는 재배방식을 비교하는 실험에서는 초기생육의 경우 후자가 더 유리한 것으로 나타났으나 후기생육에는 별반 큰 차이가 없었으며, 엽병, 지상부 · 지하부의 생체중은 후기에 주 · 야 계속해서 급액하는 것이 컸다.

따라서, 미나리의 수경재배시 생육 전반기에는 주간에만 급액을 하고 야간에는 급액을 정지하는 방식이 미나리의 생육에 유리하고, 생육 후반기에는 주•야간 계속해서 급액을 하는 방식이 유리할 뿐만 아니라 자원 이용면에서도 효율적일 것으로 생각된다(표 1).

Table 1. Effect of pumping times on the growth of water dropwort.

Pumping method	Plant height (㎝)	No. of leaves (ea.)	Petiole length (㎝)	No. of stolons	Runner length (㎝)	Root length (㎝)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
							leaf	root	leaf	root
					1st[x]					
Continue[z]	32.9	5.8	10.0	4.9	29.7	24.7	15.83	4.05	0.90	0.33
Day only[y]	37.0	6.1	11.4	5.4	34.0	25.4	21.74	5.01	1.26	0.39
F	22.26***	2.88ns	15.01***	6.34*	11.95***	0.33ns	12.59***	8.08**	13.94***	12.09***
LSD0.05	1.709	0.312	0.726	0.342	2.482	2.299	3.302	0.666	0.190	0.033
LSD0.01	2.263	-	0.961	0.452	3.286	-	4.371	0.881	0.252	0.044
					2nd[w]					
Continue[z]	53.0	6.6	16.2	6.4	53.8	32.2	51.42	6.63	-	-
Day only[y]	52.2	6.5	13.5	6.4	54.3	29.3	44.74	5.60	-	-
F	0.39ns	0.39ns	8.64**	0.00ns	0.10ns	3.98*	4.05*	9.32**	-	-
LSD0.05	2.509	0.477	1.794	0.371	3.366	2.857	6.607	0.675	-	-
LSD0.01	-	-	2.380	0.492	-	3.789	8.763	0.895	-	-

z Pumping continuously

y Pumping during day and no pumping during night

x 25days after planting

w 35days after planting

*, **, ***, ns Significant at $p \leq 0.05$, 0.01, 0.001 and nonsignificant, respectively

이상의 결과를 종합하면, 생육 전반기에서 생육 후반기로 넘어가는 시기에 양액공급방식을 바꾸어 주면 미나리를 효율적으로 생육시킬 수 있을 것이다. 그러나 공급방식을 바꾸어 주는 시기를 정확하게 구명하는 것이 과제로 남아있다.

(나) 양액 공급주기에 따른 미나리 생육 실험

급액주기를 달리하여 실험하였는데, 계속가동, 15분/15분, 15분/30분, 15분/60분 등의 각 처리에서 미나리의 생육에는 별다른 차이를 보이지 않았다(표 2).

Table 2. Effects of pumping periods on the growth of water dropwort

Pumping method	Plant height (㎝)	No. of leaves (ea.)	Petiole length (㎝)	No. of stolons	Stolon length (㎝)	Root length (㎝)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
							leaf	root	leaf	root
				1stw						
Continue	34.8	5.8	10.7	5.1	31.6	23.4	18.10	4.39	1.03	0.35
15/15z	33.6	6.0	10.3	5.1	29.9	23.1	17.00	4.27	1.00	0.35
15/30y	34.8	6.0	11.0	5.2	31.5	25.3	19.10	4.45	1.03	0.36
15/60x	35.5	5.7	11.1	5.0	32.9	25.4	19.50	4.54	1.18	0.36
F	0.46ns	0.80ns	1.45ns	0.24ns	0.59ns	2.22ns	0.32ns	0.08ns	0.46ns	0.07ns
LSD0.05	2.950	0.490	1.190	0.730	5.410	4.590	7.260	1.440	-	0.074
				2ndv						
Continue	53.0	6.5	15.8	6.3	53.7	28.9	48.53	6.23	-	-
15/15z	51.2	6.7	14.3	6.1	54.4	29.8	43.58	6.05	-	-
15/30y	52.1	6.4	15.0	6.6	54.6	29.4	47.28	5.84	-	-
15/60x	54.2	6.6	14.5	6.6	53.6	34.9	52.94	6.32	-	-
F	1.04ns	0.18ns	0.49ns	1.80ns	0.08ns	3.98*ns	1.32ns	0.34ns	-	-
LSD0.05	3.530	0.682	-	0.514	4.820	3.902	9.469	1.017	-	-
LSD0.01	-	-	-	-	-	5.180	-	-	-	-

z Pumping during 15minuites and no pumping during 15minuites

y Pumping during 15minuites and no pumping during 30minuites

x Pumping during 15minuites and no pumping during 60minuites

w 25days after planting

v 35days after planting

*, **, ***, ns : Significant at $p \leq 0.05$, 0.01, 0.001 and nonsignificant, respectively

(다) 일반양액 공급방식과 간헐침지방식이 미나리 생육에 미치는 영향

1) 15분 주기의 일반 양액공급방식과 동일한 주기의 간헐침지방식의 비교

미나리 수경재배에서 15분 간격으로 양액을 공급하는 방식과 15분 동안 물이 완전히 빠지도록 하는 간헐침지식 양액공급방식으로 재배한 것을 비교하였다. 간헐침지방식으로 재배한 경우 일반 양액공급방식으로 재배했을 때보다 초장과 근장이 길었고 엽수도 많았다. 또한 포복경수, 포복경길이, 뿌리 건물중에 있어서는 초장과 근장 및 엽수의 생육차이보다는 작았지만, 간헐침지방식이 일반 양액재배방식으로 재배했을 때보다 나은 결과를 보였다. 그러나 엽병의 길이, 지상부의 생체중과 건물중, 뿌리의 생체중에는 두 처리간에 차이가 없는 것으로 나타났다(표 3).

Table 3. Effect of intermittent pumping method and general pumping method on the growth of water dropwort (I).

Pumping method	Plant height (㎝)	No. of leaves	Petiole length (㎝)	No. of stolons	Stoson length (㎝)	Root length (㎝)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
							leaf	root	leaf	root
15/15z	31.5	5.6	9.3	4.7	28.2	22.6	13.70	3.61	0.84	0.36
Inter.15y	36.7	6.4	10.2	5.7	33.6	30.8	21.60	5.15	1.21	0.40
F	15.03**	8.47**	2.27ns	5.56*	6.56*	9.85**	3.55ns	3.42ns	2.72ns	5.96*
LSD0.05	2.851	0.578	1.366	0.890	4.430	5.542	8.810	1.750	0.470	0.079
LSD0.01	3.906	0.791	-	1.220	6.069	7.593	-	-	-	0.109

z Pumping during 15 minutes and no pumping during 15 minutes

y Intermittent system with drain completely during 15 minutes

*, **, ***, ns Significant at $p \leq 0.05$, 0.01, 0.001 and nonsignificant, respectively

2) 30분 주기의 일반양액 공급방식과 동일한 주기의 간헐침지방식의 비교

15분간 급액하고 30분간 정지하는 일반적 수경재배방식과 30분 동안 물이 완전히 빠지도록 하는 간헐침지식으로 재배한 것을 비교한 실험에서는 두 방법간에 아무런 생육차도 보이지 않았다 (표 4).

Table 4. Effects of intermittent pumping system and general pumping method on the growth of water dropwort (II).

Pumping method	Plant height (㎝)	No. of leaves	Petiole length (㎝)	No. of stolons	Stolon length (㎝)	Root length (㎝)	Fresh weight(g)		Dry weight(g)	
							leaf	root	leaf	root
15/30 z	32.6	6.1	9.8	5.0	30.0	23.4	15.34	3.81	0.87	-
Inter.30 y	31.3	5.7	9.5	4.7	28.5	24.5	13.03	3.91	0.78	-
F	0.37ns	4.80*	0.32ns	1.98ns	0.26ns	0.33ns	1.18ns	1.98ns	0.58ns	-
LSD0.05	4.406	0.384	1.122	2.100	6.392	4.179	4.460	1.137	0.248	-
LSD0.01	-	0.526	-	3.897	-	-	-	-	-	-

z Pumping during 15minuites and no pumping during 30minuites

y Intermittent system that drained completely during 30minuites

*, **, ***, ns Significant at $p \leq 0.05$, 0.01, 0.001 and nonsignificant, respectively

제 3절 시스템의 차이가 미나리의 생육에 미치는 영향

1. 서론

최근의 원예 작물 생산 방식은 기존의 토경재배에서 벗어나 시설내에서의 양액재배를 통한 고품질화를 지향하고 있고 시설재배 면적은 지난 몇년간 급격히 증가하고 있으며 이에 수반하여 양액재배 시스템의 개발 및 양액관리 방법과 최적 생장을 도모하기 위한 시설내 환경조절 연구가 활발히 이루어지고 있으며 좀더 발전된 형태로 인공광을 이용하는 식물공장에 관한 연구도 진행중이다.

하지만 지금까지 기존의 시설내 양액재배 시스템으로는 시설내부의 환경조건과 근권의 환경조건 및 식물영양상태를 원활히 조절할 수 없어 작물의 잠재생산 능력을 최대한 발현하기 어렵고 식물의 생육과 환경조건과의 관계를 확립할 수 있는 기초자료가 부족한 실정이다.

식물공장이 좀 더 실용화되고 경제성을 갖기 위해서는 재배작물의 집약도를 높이고 작업효율을 높일 수 있는 시스템의 개발과 인공광을 사용함으로써 야기되는 에너지의 부담을 최소로 줄일 수 있는 방안에 관한 연구 이외에도 작물의 근권부의 최적환경조건-양액조성과 온도, 용존산소 등-의 구명과 그에 부합하는 시스템의 개발이 절실하다.

현재까지 연구가 진행되어 온 양액재배 시스템에 있어서는 NFT, DFT 및 배지경이 주류를 이루고 있으나 최근에는 근권부 용존산소를 극대화 할 수 있는 분무경에 관한 관심이 증대되고 있고 일부에서는 실용적으로 이용되고 있다.

본 시험은 미래지향적 식물공장 시스템에서의 근권부 환경조건을 향상시킬 수 있는 적절한 시스템의 구명과 그 효과를 검증하기 위하여 수행하였던 바, 최근 시설내 재배면적이 증가하고 있는 미나리를 실험재료로 하여 기존에 많이 재배되고 있는 deep flow 방식과 분무경의 시스템을 구축하여 그 생육효과를 검증하였다.

2. 재료 및 방법

본 시험은 8월 25일부터 10월 21일까지 서울대학교 농업생명과학대학 부속농장 유리온실에서 수행되었다.

시험에 공시한 미나리는 보성 지방종을 전년도에 채종한 후 3개월 이상 노지에서 층적 처리하여 발아를 촉진시킨 종자로 한달간 육묘한 모종을 사용하였으며, 정식시의 본엽은 평균 3매, 초장은 6.2±0.3cm이었다.

시험에 사용한 양액은 모든 처리 공히 서울대에서 개발한 미나리 전용양액(안과 이, 1991)이었으며 이의 조성은 대량원소로서 NO_3-N 16, NH_4-N

3, P 3, K 4, Ca 2, Mg 1, SO_4-S 1mg/L 및 Fe 3ppm, 미량원소로서 B 0.5, Mn 0.5, Zn 0.5, Cu 0.02 및 Mo 0.01ppm이었다.

양액 공급시의 pH와 EC는 각각 6.5와 1.60으로 생육 전반에 걸쳐 별도로 보정하지는 않았으며, 처리후 매일 소량 채취하여 pH meter(HI8284, Hanna instruments)와 conductivity meter(HI8733, 동회사)를 이용하여 각각 측정하였다.

각 재배상내의 온도와 상대습도는 CR10X data logger(Campbell Sci.)를 이용하여 매일 30분 간격으로 수집하였다.

공시한 미나리의 일장은 18:00부터 23:30까지 각 베드당 60W 백열등을 수관부위 1m 높이에 설치하여 일일 16시간의 장일조건이 되도록 하였다.

양액재배상은 60×50cm styrofoam 정식판 3장을 놓을 수 있도록 제작하여 식물체 이외의 수분 증발량을 최소화할 수 있도록 설계하였으며, 담액처리구(Deep-flow)는 뿌리가 양액에 3cm 및 7cm 잠기도록 수위를 조절하였고, 분무처리구(Mist-spray)는 점적관을 재배상 내에 설치하여 정식판 바로 10cm 아래에서 양액이 분무되도록 하였는데 재배조 깊이를 40 및 80cm로 하여 완전임의배치 3반복 처리하였다.

모든 양액의 여액은 다시 양액조로 흘러들어와 펌프를 이용한 계속적인 순환이 가능하도록 하였다. 양액의 순환 조건은 분무처리구에서 06:00부터 11:00까지는 30/15분(순환/정지)으로, 11:00부터 18:00까지는 45/30분(순환/정지), 그 외 시간은 15/45분(순환/정지)이 되도록 하였다. 또한 담액처리구는 공히 15/15분 순환과 정지를 반복하도록 하였다.

양액의 조성은 정식후 매 5일마다 채취하여 측정하였으며, K, Mg 및 Ca는 일정량 희석한 후 automic absorption spectrophotometry(AA6401, Shimadzu Corp.)를 이용하여 분석하였다. 그리고 NH_4-N은 indophenol-blue 법(식물영양실험법편집위원회, 1990)으로, NO_3-N은 Cataldo 법(Cataldo 등, 1975)으로, PO_4-P는 vanadate법(농촌진흥청 농업기술연구소, 1988)에 의한 비색법으로 Shimadzu UV-1601 UV-VIS spectrophotometer를 이용하여 각각 665, 410 및 470nm에서 측정하여 정량하였다.

식물체 생육은 처리후 6일, 16일, 26일째에 기초생육과 근권부 생육을 조사하였고, 실험 종료일에 각 9반복씩 채취하여 전질소, K, Ca, Mg 및 PO4-P는 양액의 분석법과 동일하게 하였는데, 건물시료를 $HClO_4$: H_2SO_4 : H_2O = 90 : 5 : 55의 비율로 섞은 분해액으로 습식분해하여 일정량 희석한 후 분석에 사용하였다.

그리고 미나리 잎에서의 광합성 효율은 LI-6400 portable photosynthesis system(LI-COR)을 이용하여 측정하였는데, 정식후 10일째에는 자연 조건(온실 내)에서, 수확시(25일째)에는 실내에서 엽온 25℃, 조도 2000μmol•m^{-2}•s^{-1} 수준으로 조사하여 측정하였다.

본 시험에서 미나리 체내 엽록소 함량은 제2신엽에서 생체중으로 0.5g을 채취하여 100% ethanol로 24시간 암상태에서 추출한 후 3배 희석하여 649 및 665nm에서 비색 측정한 후 그 함량을 계산하였다(우도 등, 1981).

3. 결과 및 고찰

그림 1은 각 양액재배 방식에 따른 미나리 생육기간 동안 양액내 EC와 pH를 나타낸 것이다. 대체적으로 80cm mist-spray 처리구를 제외한 나머지 처리구에서의 EC는 생육 후반기까지 1.60mS/cm로 유의적인 변화가 나타나지 않았으며, 수확기에 양액의 농도가 약간 증가하는 경향을 보였다. 그리고 80cm mist-spray 처리구에서는 생육초기부터 다른 처리구와 비교해 약간 높은 EC를 보이다가 생육이 진전될수록 그 차이가 뚜렷하게 나타났다.

이러한 경향은 40cm mist-spray 처리구의 근권부 온도가 다른 처리구보다 약간 높은 경향을 보여서 식물체에 의한 양수분 흡수 차이에 기인한 것으로 사료된다(그림 2).

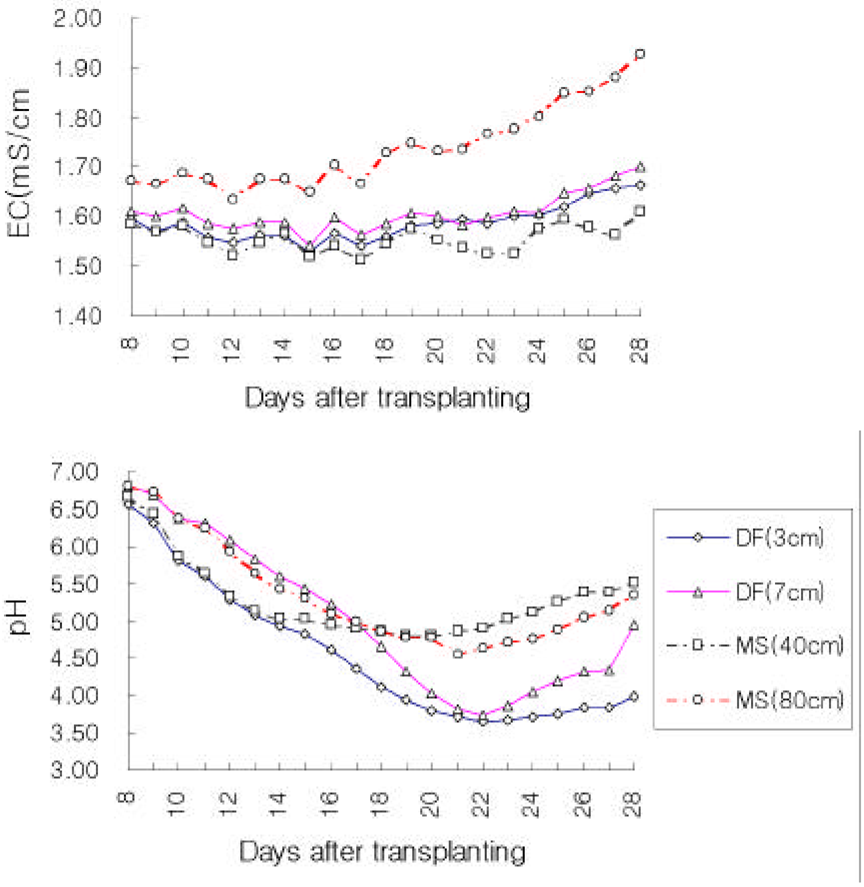


Fig. 1. The changes of EC and pH of nutrient solution during culture period of *Oenanthe stolonifera* DC. among different hydroponic systems. In legend, DF(3cm), DF(7cm), MS(40cm) and MS(80cm) indicate deep-flow with 3cm, 7cm nutrient solution level and MS with 40 and 80cm depth of bed, respectively.

pH에 있어서는 모든 처리구 공히 생육초기에 감소하다 생육후반기에 다시 증가하는 경향을 보여 암모니아태질소를 우선적으로 흡수하는 미나리의

양분흡수특성 때문인 것으로 사료된다(Maynard 등, 1976; Ikeda와 Osawa, 1980; Ikeda와 Osawa, 1981; 이와 이, 1991).

특히 deep-flow 방식에 있어서 그 변화의 폭이 크게 나타났는데 mist-spray 방식에서는 뿌리에서 양액을 흡수할 수 있는 시간이 deep-flow 방식보다 상대적으로 짧기 때문에 양액내의 암모니아태질소의 흡수가 더디게 일어나 pH의 변화가 적었던 것으로 생각된다.

각 처리구에서 재배기간 동안의 미나리 생육은 그림 2에 나타난 바와 같다.

전반적으로 7cm deep-flow 방식과 40cm mist-spray 처리구에서 생육 후기에 왕성한 생육을 보였다. 반면에 3cm deep-flow 및 80cm mist-spray 방식에서는 초장의 완만한 증가세를 보였다. 미나리는 각 3단계의 생육 양상을 보이는 것으로 생각되는데, 종자 파종기에서 정식기까지의 육묘기와 정식기부터 생육 중반기까지의 생육이 더딘 반면 일정한 시기에 이르면 일장의 영향으로 절간이 급격히 신장하여 초장이 급격히 증가하는 경향을 보이며, 이는 미나리의 외적인 품질로서도 긍정적인 특성 중 하나이다. 본 시험에서는 대체적으로 7cm deep-flow 방식과 40cm mist-spray 방식에서 유사한 생장을 보여 미나리의 품질이 양호한 것으로 나타났다.

따라서 주 절간장은 모든 재배 방식에서 생육 후반기에 급격히 증가하는 경향을 보였으며 특히 80cm mist-spray 처리구에서는 그림 2에서처럼 근권부 온도 상승에 따른 생육 저하로 다른 처리구에 비해 낮은 절간 신장을 보였다.

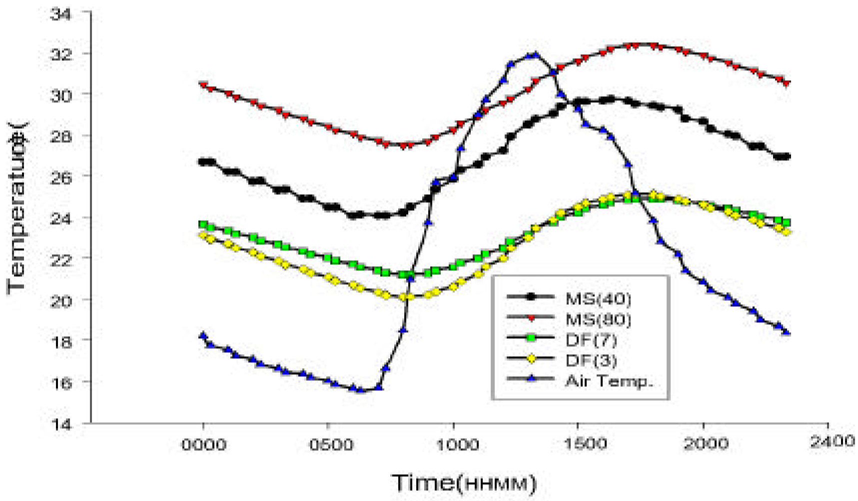


Fig. 2. The changes of temperature inside the bed, air and relative humidity of air. Legends see fig. 1.

발육의 지표인 엽의 발생수에 있어서는 처리간 유의적인 차이가 나타나지 않았으나 생육초반기에 7cm deep-flow **방식에서만 약간 높은 결과를 보였으며 이는 다른 처리구에서 미나리의 하엽이** 1 2**개 고사한 반면** 7cm deep-flow**에서는 상위엽과 비슷한 생장을 보였기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 생육이 진전될수록 그 차이는 유의적으로 나타나지 않았다. 절간수에 있어서 생육초기부터** 3cm deep-flow **처리구에서 낮은 수치를 보여 다른 처리구간에 유의적인 차이를 나타냈는데 생육 후반기까지 그 양상이 계속되는 결과를 보였다. 이는** 3cm deep-flow **재배방식에서는 급격한 온도 변화에 따라 근권부 양수분 흡수가 원활하지 못하여 결과적으로 저조한 절간 발생을 일으켰던 것으로 사료된다.**

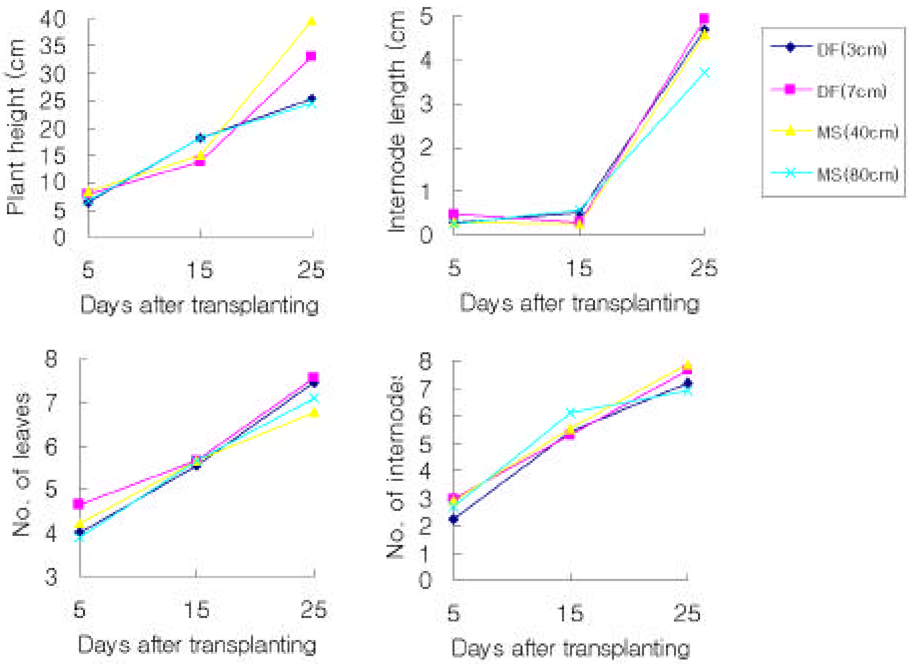


Fig. 3. The growth fluctuations of *Oenanthe stolonifera* DC. among different hydroponic systems. In legend, DF(3cm), DF(7cm), MS(40cm) and MS(80cm) see fig.1.

근권부 일중 온도 변화를 그림 2에 나타내었는데 대체로 분무수경에서 상당한 수준까지 올라갔으며 대체로 대기 온도가 정점에 달하는 14:00경보다 4시간 뒤에 80cm mist-spray에서는 32℃까지 증가하여 대기온도보다 더 높아졌다. 이는 결국 뿌리의 호흡을 증가시키고 이로 인한 지상부 대사 변화를 초래하여 80cm mist-spray 처리구에서 지상부의 생육이 가장 열악한 결과를 보였다. 또한 생육 후반부에는 고온 스트레스에 의해 뿌리가 갈변하는 결과를 보였다. 그러나 40cm mist-spray 처리구에서도 80cm mist-spray 처리구에 비해 약 4℃ 가량 낮아 근권부 및 지상부 생육이 양호하였다. 그리고 담액재배조에서는 온도의 변화가 크지 않아 7cm deep-flow 처리구에서 양호한 근권부 생육 양상을 보였다.

수확시의 미나리 생육양상을 그림 3에 나타내었는데, 초장에서 가장 양호한 생육을 보인 것은 40cm mist-spray 처리구였으며 3cm deep-flow 처리구에서 생육이 현저하게 저조하였다. 엽수와 주 절간장은 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 40cm mist-spray 처리구에서 양호한 생육 결과를 보였다. 영양생식기관인 포복경의 발생수는 각 처리간에 유의적인 차이를 보였는데, 7cm deep-flow 방식에서 발생이 가장 많았고 80cm deep-flow 처리구에서 가장 낮은 발생수를 보였다. 그러나 주 포복경장은 7cm deep-flow 방식과 80cm mist-spray 방식에서 가장 긴 경향을 나타내 포복경의 발생과 그 생장에는 유의적인 상관관계가 나타나지 않았다.

Table 1. The effects of different hydroponic systems on the growth of *Oenanthe stolonifera* DC. at harvest.

Culture system	Depth(cm)	Plant height (cm)	No. of leaves	No. of internodes	Length of main internode	No. of stolons	Length of main stolon
Deep flow	Low(3)	25.40 cz	7.44 a	7.22 ab	4.08 a	4.78 bc	24.84 b
	Deep(7)	33.02 b	7.56 a	7.67 ab	4.92 a	5.67 a	32.51 a
Mist spray	Low(40)	39.84 a	6.78 a	7.89 a	4.58 a	5.56 ab	25.40 b
	Deep(80)	24.40 c	7.11 a	6.89 b	3.71 a	4.67 c	33.02 a

z Duncan's multiple range test, p=0.05

표 2는 각 재배 방식에 따른 미나리의 생체중, 건물중, 엽록소 함량 및 근권부 생육을 살펴 본 것이다. 지상부 생체중은 40cm mist-spray 처리구에서 가장 무거웠으며 7cm deep-flow, 3cm deep-flow 및 80cm mist-spray 순으로 나타났다. 지하부의 생체중도 지상부의 생체중과 비슷

한 양상을 보였으며 결과적으로 지상부 및 지하부 건물중도 유사한 결과를 나타냈다. 주 근장의 길이에 있어서는 7cm deep-flow 방식과 40cm mist-spray 방식에서 유사한 길이를 보였으며 나머지 재배방식에서는 생육이 양호하지 못했다. 이러한 생육 차이는 뿌리의 부피에서 극명하게 나타나는데 40cm mist-spray 처리구에서 가장 높게 나타났고 3cm deep-flow 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 따라서 지상부의 생육은 근권부의 생육에 따라 전적으로 영향을 받음을 알 수 있다. 그러나 각 처리간 생육의 차이에도 불구하고 엽록소 함량에 있어서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Table 2. The effects of different hydroponic systems on the fresh weight, dry weight, chlorophyll contents and root growth, respectively, in *Oenanthe stolonifera* DC.

Culture system		Fresh weight(g)		Dry weight(g)		Chlorophyll content(mg/g・F.W.)			Root length	Volume of root
depth(cm)		Leaf	Root	Leaf	Root	a	b	Total	(cm)	(ml)
Deep flow	Low(3)	19.50 cz	2.02 c	3.55 b	0.29 c	1.38 a	0.54 a	1.92 a	20.78 b	5.22 c
	Deep(7)	27.93 b	3.33 b	4.21 b	0.41 bc	1.48 a	0.59 a	2.07 a	26.09 a	8.44 b
Mist spray	Low(40)	36.02 a	6.70 a	5.07 a	0.64 a	1.52 a	0.62 a	2.14 a	30.11 a	14.22 a
	Deep(80)	18.65 c	3.32 b	3.83 b	0.46 b	1.48 a	0.61 a	2.09 a	18.08 b	7.78 b

z Duncan's multiple range test, p=0.05

표 3은 생육초반부와 후반부의 광합성 효율과 기공 전도도를 나타낸 것이다.

생육 초기에 전체적으로 낮은 생육을 보였던 80cm mist-spray에서 광합성 효율이 가장 높았으나 대체적으로 생육이 양호하였던 40cm mist-spray와 7cm deep-flow 처리구에서는 상대적으로 낮은 광합성 효율을 나타냈다. 이러한 결과는 본 시험에서 시간에 따른 조도의 변화를 고려

하지 않았기 때문에 가시적인 생육과 반대되는 경향으로 나타난 것이라 사료되며, 일정 기간 동안의 광합성 효율을 계속적으로 조사한다면 광합성과 생육과의 상관관계가 극명하게 나타날 수 있으리라 기대된다. 그리고 생육 후반부에는 생육전반부에 나타났던 유의적인 차이가 거의 나타나지 않았으며, 다만 7cm deep-flow 처리구와 80cm mist-spray 처리구에서 약간 낮은 광합성 효율을 보였다.

기공 전도도에 있어서도 광합성 효율과 비슷한 경향을 보였는데, 이는 잎에서 산소와 이산화탄소의 교환이 왕성해져 광합성 효율이 증가하게 되면 기공이 많이 열리게 되고 결과적으로 기공 전도도도 증가하게 되는 것으로 생각된다.

Table 3. The influence of different hydroponic systems on photosynthesis rate and stomatal conductivity of *Oenanthe stolonifera* DC. at 10 and 25 days after transplanting.

Culture system		Photosynthesis rate ($\mu molCO_2m^{-2}s^{-1}$)		Stomatal conductivity ($molH_2Om^{-2}s^{-1}$)	
		Days after transplanting			
	depth(cm)	10	25	10	25
Deep flow	Low(3)	19.63 bz	7.42 a	0.223 ab	0.077 a
	Deep(7)	16.28 c	6.32 a	0.766 bc	0.092 a
Mist spray	Low(40)	16.63 c	8.31 a	0.136 c	0.135 a
	Deep(80)	22.18 a	6.81 a	0.243 a	0.092 a

z Duncan's multiple range test, p=0.05

각 처리구 간에 재배하는 동안 양액 내의 K^+, NO_3-N 및 PO_4-P의 함량 변화를 경시적으로 살펴 본 결과는 그림 4와 같다.

각 처리구에서 질산태질소와 인산 함량은 생육이 진전될수록 약간 증가하는 경향을 보였으며, 질산태질소 함량에 있어서는 80cm mist-spray 처리구에서 생육 중반부까지 급격히 증가하다 후반부에서는 다른 처리구와 같아지는 경향을 보였다. 인산 함량은 생육 초반에 deep-flow 재배방식에

서 mist-spray 방식보다 유의적으로 낮은 함량을 보이면서 생육 후반기까지 식물체의 높은 흡수율을 보였다. 대체로 인산과 칼슘 등은 근권부 온도가 높을수록 생체로의 이동이 낮다고 알려져 있다. K+ 함량은 3cm deep-flow에서만 식물체의 흡수가 많아지다 생육 후반에는 그 흡수 수준이 거의 비슷해지는 경향을 보였다.

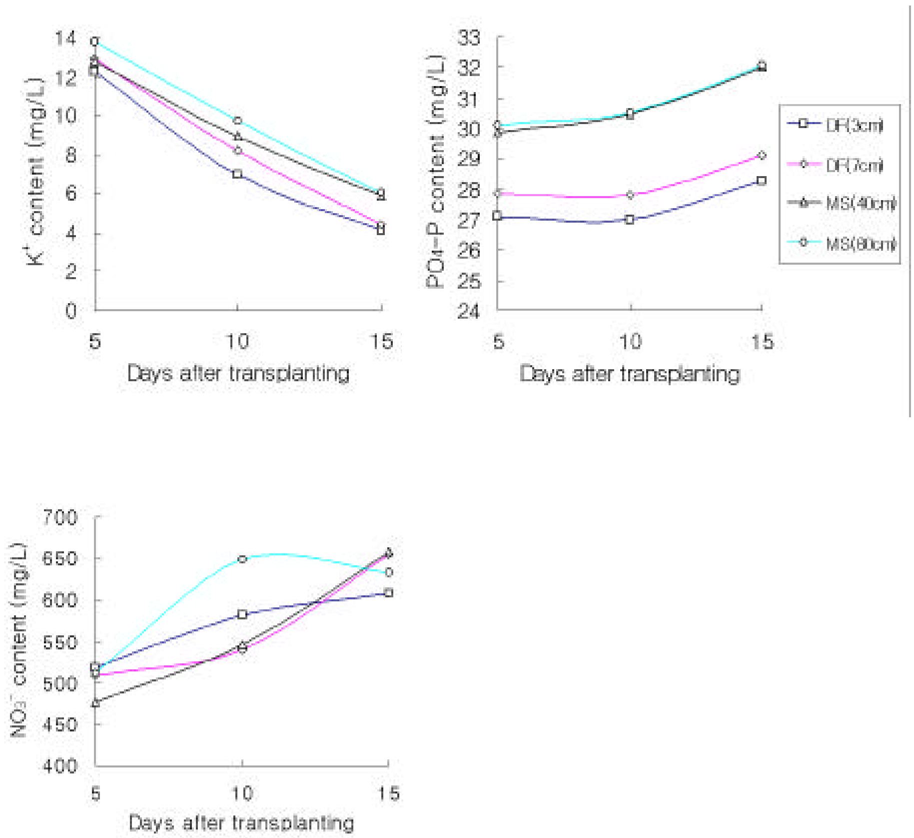


Fig. 4. The ion compositions in nutrient solution among different hydroponic systems at 5, 10 and 15 days after transplanting. In legend, DF(3cm), DF(7cm), MS(40cm) and MS(80cm) see fig. 1.

결과적으로 담액수경방식에서는 양액과 뿌리간의 직접적인 양수분 흡수와 이온 상호작용에 의하여 pH의 변화 폭을 줄이고 어느 정도의 완충능력을 줄 수 있는 7cm 담액수경에서 근권부의 생육이 양호하였으며, 3cm 담액처리구에서는 여름철 용존 산소의 부족과 액온의 변화를 크게 초래할 수 있어 전반적인 생육은 불량하였다.

반면에 이를 어느 정도 해소할 수 있는 분무수경에서는 양액과 뿌리의 직접적인 상호관계보다는 대기의 온도와 습도에 영향을 많이 받기 때문에 pH와 EC의 영향을 덜 받아 미나리의 생육이 양호하였던 것으로 사료된다. 그러나 뿌리가 위치한 베드의 깊이가 깊을수록 오히려 생육저하를 가져왔으며 이의 주된 원인이 근권부의 과도한 온도 상승에 기인한 것으로 생각된다.

앞으로 근권부 환경을 생육에 적합하도록 하기 위해서는 pH나 EC의 변화가 적은 분무수경에서 적정 온도를 유지시킬 수 있는 저렴하고 경제적인 기술 개발이 필수적으로 따라 주어야 할 것으로 생각된다.

제 5장 인용문헌

Akers, S. W., G. A. Berkowitz, and J. Rabin. 1987. Germination of parsley seed primed in aerated solutions of polyethylene glycol. HortScience 22 : 250 252.

Akers, S. W., and K. E. Holley. 1986. SPS: A system for priming seeds using aerated polyethylene glycol or salt solution. Hortscience. *21* : 529 531.

Alekhina, N. D. and S. S. Kenzhebaeva. 1978. Investigation of glutamine synthetase activity in plants roots in connection with the cultivation temperature. Fiziologiya Rastenii. 24 : 1129 1134.

Alvarado, A. D., K. J. Bradford, and J. D. Hewitt. 1987. Osmotic priming of tomato seeds. Effects on germination, field emergence, seedling growth, and fruit yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 427 432.

Anderson, A. 1986. Comparison of fluorescent lamps as an energy source for production of tomato plants in a controlled environment. Scientia Hort. 28 : 1 18.

안우범, 이병일. 1991. **미나리의 수경재배 체계 개발에 관한 연구**. Ⅱ. **양액중의 다량요소조성**. **한원지**. 32 : 425 433.

Argerich, C. A., K. J. Bradford, and F. M. Ashton. 1990. Influence of seed vigor and preplant herbicides on emergence, growth and yield of tomato. HortScience. 25 : 288 291.

Asare-Boamah, N.K., R.A., Fletcher. 1986. Protection of bean seedlings against heat and chilling injury by triadimefon. Physiol. Plant 67 : 353 358.

Balylis, A. D. and P. D., Hutey-Bull. 1991. The effects paclobutrazol-based growth regulator on the yield, quality and ease of management of oilseed rape. Ann. Applied Bio. 116 : 287 295.

Barlow, E. W. R., and A. M. Haigh. 1987. Effects of seed priming on the emergence, growth and yield of UC82B tomatoes in the field. Acta Hortic. 200 : 153 164.

Balylis, A. D. 1990. Economic aspects of plant growth regulators. In Plant Growth Substances. Ed. R. P. Pharis. Berlin, Heidelberg, New York, Torkyo: Springer-Verlag.

Beevers, R. H., L. E. Schrader, D. Flesher, and R. H. Hagenman. 1966.

The role of light and nitrate in the induction of nitrate reductase in radish cotyledons and maize seedlings. Plant Physiology 40 : 691 698.

Bennett, W. F., J. Pesek and J. J. Hanway. 1964. Effect of nitrate and ammonium on growth of corn in nutrient sand culture. Agron. J. 56 : 342 345.

Bennett, M. A., and L. Waters, Jr. 1987a. Germination and emergence of high sugar sweet corn is improved by presowing hydration of seed. HortScience 22 : 236 238.

Bennett, M. A., and L. Waters, Jr. 1987b. Seed hydration treatments for improved sweet corn germination and stand establishment. *J.* Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 45 49.

Benoit, F. and C. R. Wiebe. 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. Scient. Hort. 49 : 175 179.

Benoit, F. and N. Ceustermans. 1995. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. Acta Horti. 396 : 11 24.

Bergareche, C. and E. Simon. 1988. Nitrate reductase activity and nitrate content under two forms and three levels of nitrogen nutrition in *Lolium perenne* L. Plant Physiol. 64 : 358 363.

Blair, G. J., M. H Miller and W. A. Mitchell. 1970. Nitrate and ammonium as sources of nitrogen for corn and their influence on the uptake of other ions. Agron. J. 62 : 530 532.

Blom-Zanstra, M. and J. E. M. Lampe. 1985. The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce(*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. J. Exp. Bot. 36 : 1043 1052.

Boon, J. and J. W. Steenhuizen. 1986. Nitrate in lettuce on recirculating nutrient solution. Acta Horticulturae 178 : 67 72.

Bradford, K. J. 1985. Seed priming improves germination and emergence of cantaloupe at low temperatures. HortScience. 21 : 1105 1112슰

Bradford, K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HortScience 21 : 1105 1112.

Bradford, K. J., C. A. Argerich, D. Peetambar, O. Somasco, A. Tarquis, and G. E. Welbaum. 1988. Seed enhancement and seed vigor. *Proc. Intl. Conf. Stand* Estab. Hort. Crops. Lancaster, PA. pp. 1 35.

Bradford, K. J., J. J. Steiner, and S. E. Trawatha. 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. Crop.

Sci. 30 : 718 721.

Bray, C. M., P. A. Davison, M. Ashraf, and R. M. Taylor. 1989. Biochemical changes during osmopriming of leek seeds. Ann. Bot. 63 : 185 193.

Brocklehurst, P. A., J. Dearman, and R. L. K. Drew. 1984. Effects of osmotic priming on seed germination and seedling growth in leek. Scient. Hortic. 24 : 201 210.

Brocklehurst, P. A., and J. Dearman. 1983a. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion: Ⅰ. Laboratory germination. Ann. Appl. Biol. 102 : 577 584.

Brocklehurst, P. A., and J. Dearman. 1983b. Interactions between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion: Ⅱ. Seedling emergence and plant growth. Ann. Appl. Biol. 102 : 585 593.

Brocklehurst, P. A., and J. Dearman. 1984. A comparison of different chemicals for osmotic treatment of vegetable seed. Ann. Appl. Biol. 105 : 391 398.

Bruning-Fann, C. S. and J. B. Kaneen. 1993. The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds on human health : A Review Vet. Human Toxicol. 35 : 521 538.

Buczek, J. 1985. Regulation of nitrate and nitrite reductase activities in whole cucumber plants by endogenous level of nitrate supply. Acta Physiologiae Plantarum 7 : 21 30.

Bujalski, W., A. W. Nienow, and D. Gray 1989. Establishing the large scale osmotic priming of onion seeds by using enriched air. Ann. Appl. Biol. 115 : 171 176.

Candela, M I., E. G. Fisher and E. J. Hewitt. 1957. Molybdenum as a plant nutrient. Ⅹ. Some factors affecting the activity of nitrate reductase in cauliflower plants grown with different nitrogen sources and molybdenum levels in sand culture. Plant Physiol. 32 : 280 288.

Cano, E. A., M. C. Bolarin, F. Perez-Alfocea, and M. Caro. 1991. Effects of NaCl priming on increased salt tolerance in tomato. J. Hort. Sci. 66 : 621 628

Canovas, F. M., C. Avila, J. R. Botella, V. Valpuesta and I. N. de Castro. 1986. Effect of light-dark transition on glutamine synthetase activity in tomato leaves. Physiol. Plant. 66 : 648 652.

Cantliffe, D. J. 1972. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 414 418.

Cantliffe, D. J., J. M. Fischer, and A. C. Nell. 1984. Mechanism of seed priming in circumventing thermodormancy in lettuce. Plant Physiol. 75 : 290 294.

Cantliffe, D. J., K. D. Schuler, and A. C. Guedes. 1981. Overcoming seed dormancy in heat sensitive romaine lettuce by seed priming. plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 : 65 71.

Chalifour, F-P. and L. M. Nelson. 1987. Effects of time of nitrate application on nitrate reductase activity, nitrate uptake and symbiotic dinitrogen fixation in faba bean and pea. Can. J. Bot. 66 : 1646 1652.

Chen, T. M. and S. K. Ries. 1969. Effect of light and temperature on nitrate uptake and nitrate reductase activity in rye and oat seedlings. Can. J. Bot. 47 : 341 343.

정갑채, 안성주. 1992. 배추의 nitrate reductase 활성에 미치는 광의 역할. 한원논발요지. Ⅰ. 84 85.

정연옥, 강남준, 조정래, 김재환. 1994. Priming 조건이 토마토 종자의 초기 발아율 향상에 미치는 영향. 한원지. 35(6) : 574 580.

주현규, 조광연, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조. 1994. 식품분석법. 유림문화사. pp 356 358.

Classen, M. E. T. and G. E. Wilcox. 1974. Effect of the nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 171 174.

Claussen, W. 1986. Influence of fruit load and environmental factors on nitrate reductase activity and on concentration of nitrate and carbohydrates in leaves of eggplant(*Solanum melongena*). Plant. Physiol. 62 : 358 362.

Cohen, R., O. Yarden, J. Katan. 1987. Paclobutrazol and other plant growth-retarding chemicals increase resistance of melon seedlings to fusarium wilt. Plant Pathology. 36 : 558 564.

Cooper, A. J. 1973. Root temperature and plant growth. Commonwealth Bureau of Horticulturae and Plantation Crops(Research review) 4 : 1 73.

Dalzie., J. and D. K. Lawrence, 1984. Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol. In biochemical aspects of synthetic and naturally occurring plant growth regulators (R. Mengenett and D. K. Lawrence, eds), pp. 43-57. British Plant Growth Regulator Group, Monograph No. 11. Wantage. ISBN 90-247-3198-4.

Danneberger, T. K., M. B. McDonald, Jr. C. A. Geron, and P. Kumari. 1992. Rate of germination and seedling growth of perennial ryegrass seed following osmotic conditioning. HortScience 27 : 28 30.

Dearman, J., P. A. Brocklehurst, and R. L. K. Drew. 1987. Effects of osmotic priming and ageing on the germination and emergence of carrot and leek seed. Ann. Appl. Biol. 111 : 717 722.

Dijak, M. and D. P. Ormrod. 1985. Responses involved in increased dry matter production with supplemtary incandescent radiation in growth chambers. Environ. Expt. Bot. 25 : 195 201.

Dirr, M. A. 1975. Nitrate reductase activity in the leaves of the highbush blueberry and other plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 329 331.

Djurhuus, R. 1985. The effect of photoperiod and temperature on growth and development of *Begonia* X *Tuberhybridia* 'Karelsk jomfru'. Scientia Hort. 27 : 123 131.

Dodge, C. M. and C. E. Wilcox. 1972. Relationship of pH to ion uptake imbalance by varieties of wheat. Agron. J. 64 : 476 481.

Duke, S. H and S. O. Duke. 1978. In vitro nitrate reductase activity and in vivo phytochrome measurements of maize seedlings as affected by various light treatments. Plant Cell Physiol. 19 : 481 489.

Durrant, M. J., P. A. Payne, and J. M. Maclaren. 1983. The use of water and some inorganic salt solutions to advance sugar beet seed: II. Experiments under controlled and field conditions. *Ann.* Appl. Biol. 103 : 517 526.

Early, J. D. and G. C., Martin. 1988. Translocation and breakdown of 14C-labelled paclobutrazol in 'Nemaguard' peach seedlings. Hortscience 23(1) : 196 200.

Evans, T. A., and W. G. Pill. 1989. Emergence and seedling growth from osmotically primed or pregerminated seeds of asparagus (*Asparagus officinalis* L.). J. Hort. Sci. 64 : 275 282.

Figliolia, A., M. T. Cale, G. Camele and S. Pagliara. 1978 1979. Effettidella nutrizione nitrica e ammoniacale su alcunisistemi enzimatici di *Nicotiana tabacum* cv. Virginia Bright. J. Agr. Sci. in

Finland. 56 : 239 243.
Finch-Savage, W. E., D. Gray, and G. M. Dickson. 1991. The combined effects of osmotic priming with plant growth regulator and fungicide soaks on the seed quality of five bedding plant species. Seed Sci. & Technol. 19 : 495 503.
Fischer, R. A. and Stapper, M. 1987. Lodging effects on high-yielding crops of irrigation crops of irrigated semidwarf wheat. Field Crops Research. 17: 245 258.
Foster, E. F. and C. A. Stutte. 1986. Glutamine synthetase activity and foliar nitrogen volatilization in response to temperature and inhibitor chemicals. Ann. of Bot. 57 : 305 307.
Frett, J. J., W. G. Pill, and D. C. Morneau. 1991. A comparison of priming agents for tomato and asparagus seeds. HortScience 26 : 1158 1159.
Frett, J. J., and W. G. Pill. 1989. Germination characteristics of osmotically primed and stored *Impatiens* seeds. Scient. Hortic. 40 : 171 179.
Fricke, W. 1993. Glutamine synthetase and glutamate synthetase activities in high ammonium grown wheat cells. Phytochemistry 34 : 637 644.
藤重宣昭, **杉山直儀**. 1968. **果菜苗の生長におよぼす地温の影響**. **日園學雜**. 37 : 37 42.
Gaudreau, L., J. Charbonneau , L.-P. Vezina and A. Gosselin. 1995. Effects of photoperiod and photosynthetic photon flux on nitrate content and nitrate reductase activity in greenhouse-grown lettuce. J. Plant Nutri. 18 : 437 453.
Gebauer, G. and J. Stadler. 1990. Nitrate assimilation and nitrate content in different organs of ash trees(*Fraxinus excelsior*). Plant Nutrition-Physiology and Application. Pp. 101 106.
Gebauer, G. 1990. Diurnal changes of nitrate content and nitrate reductase activity in different organs of *Atr flex hortensis*(C3 plant) and *Amaranthus retroflexus*(C4 plant). Plant Nutrition - Physiology and Application. Pp. 93 99.
Gertsson, U. E. 1984. Effect of temperature, day length and light intensity on growth and development of *Dipladenia sanderi* Hemsl. 'Rosca'(Ledd) Hiern.). Scientia Hort. 32 : 217 305.
Globerson, D., and Z. Feder. 1987. The effect of seed priming and fluid

drilling on germination, emergence and growth of vegetables at unfavorable temperatures. Acta Hortic. 198 : 15 21.

Gray, D. 1976. The effects of time to emergence on head weight and variation in head weight at maturity in lettuce(*Lactuca sativa*). Appl. Biol. 82:569 575.

Gray, D., P. A. Brocklehurst, J. R. A. Steckel, and J. Dearman. 1984. Priming and pregermination of parsnip(*Pastinaca sativa* L.) seed. *J. Hort. Sci.* 59 : 101 108.

Greenway, H., and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Ann. Rew. Plant Physiol. 31: 140 190.

Guedes, A. C., and D. J. Cantliffe. 1980. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. *J.* Amer. Sci. 105 : 777 781.

Hageman, R. H. and D. Flesher. 1961. Nitrate reductase activity in corns seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media. Plant Physiol. 37 : 700 708.

Haigh, A. M., E. W. R. Barlow, F. L. Milthrope, and P. J. Sinclair. 1986. Field emergence of tomato(*Lycopersicon esculentum*), carrot(*Daucus carota*) and onion (*Allium cepa*) seeds primed in an aerated salt solution. *J.* Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 660 665.

Haigh, A. M., and E. W. R. Barlow. 1987a. Germination and priming of tomato, carrot, onion and sorghum seeds in a range of osmotica. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 202 208.

Haigh, A. M., and E. W. R. Barlow. 1987b. Water relation of tomato seed germination. Aust. J. Plant Physiol. 14 : 485 492.

Hallgren, S. W. 1989. Effects of osmotic priming using aerated solution of polyethylene glycol on germination of pine seeds. Ann. Sci. For. 46: 31 38.

Harper, J. E., J. C. Nicholas and R. H. Hageman. 1972. Seasonal and canopy variation in nitrate reductase activity of soybean(*Gıycine max* K. Merr.). Crop Science 12 : 382 386.

Harper, J. E., and R. H. Hageman. 1972. Canopy and seasonal profiles of nitrate reductase in soybeans(*Gıycine max* L. merr.). Plant Physiol. 49 : 146 154.

Hart, J. W. 1988. Light and plant growth. Urwin Hyman, London. p.41.

Hartmann, T. 1982. Die Ammonium-Assimilation im N-Stoffwechsel Pflanze. Biologie in unserer Zeit. 12 : 9 19.

Hatam, M. 1980. Seasonal and diurnal variations in nitrate reductase activity of soybean(*Gıycine max* L. Merr.). Plant and Soil 56 : 27 32.

Haugha, P. A. 1988. Sterol requirements and paclobutrazol inhibition of a celery cell culture. Phytochemistry 27(8) : 2491 2500.

Healy, W. E., R. D., Heins and H. F., Wilkins. 1980. Influence of photoperiod and light quality on lateral branching and flowering in selected vegetatively propagated plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 812 816.

Heimer, Y. and P. Filner. 1971. Regulation of the nitrate assimilation pathway in cultured tobacco cells. **Ⅲ**. The nitrate uptake system. Biochem. Biophys. Acta. 230 : 362 372.

Helsel, D. G., D. R. Helsel, and H. C. Minor. 1986. Field studies on osmoconditioning soybeans, *Gıycine max*. Field Crops Res. 14 : 291 298.

Heuer, B., Z. Plaut and E. Federman. 1979. Nitrate and nitrite reduction in wheat leaves as affected by different types of water stress. Physiol. Plant. 46 : 318 323.

Heydecker, W. 1973/74. Germination of an idea: The priming of seeds. Univ. of Nottingham School of Agriculture Report. Pp. 50 67.

Heydecker, W., J. Higgins, and Y. J. Turner. 1975. Invigoration of seeds. Seed Sci. & Technol. 3 : 881 888.

Heydecker, W., and P. Coolbear. 1977. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. Seed Sci. & Technol. 5 : 353 425.

허남돈. 1993. **질소급원 형태 비율이 상추의 생육에 미치는 영향**. **고려대학교 석사학위 논문**.

久村敦彦 外. 1973. **作物の光合成と物質生産**. **養賢堂**.

홍지흔, **이승구**. 1995. **숙성되는 동안 토마도 과실의 세포벽 구성물질의 변화**. **한원지**. 36 : 57 61.

池田英男, **大澤孝也**. 1980. **施用窒素形態とそ菜の適應性(第2報)**. **水耕栽培において硝酸**, **アンモニア**, **亞硝酸を窒素源とした葉菜の生育　びにアンモニア態及び硝酸態窒素蓄積の差異**. **日園學雜**. 48 : 435 442.

池田英男, **大澤孝也**. 1981. **施用窒素形態とそ菜の適應性(第3報)**. **水耕栽培において**NO_3, NH_4, NO_2**をN源とした根菜の生育　びに**NH_4-N**及び**NO_3-N**素蓄積の差異**. **日園學雜**. 49 : 563 570.

池田英男, **大澤孝也**. 1983. **水耕培養液中の**NO_3^-**と**NH_4^+**の濃度　びに比率がそ菜の生育**, **葉中N成分及び培養液のpHに及ぼす影響**. **日園學雜**. 52 :

159 166.
池田英男, 大澤孝也. 1985. **培養液中のNO3とNH4の比率及び液溫がミツバ, シュンギク びにネギの生育に及ぼす影響. 日園學雜**. 54 : 58 65.
今津正, 織田彌三郎. 1965. **せりの形態および生態に關する研究(第1報). 營養生長期における栽培および野生せりの形態的差異.日本園藝學會誌** 34(4) : 297 304.
Iversen, K. V., R. H. Fox, and P. Piekielek. 1985. Diurnal, shade and hybrid effects on nitrate content of young corn stalks. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 16 : 837 852.
岩田正利, 小野泰. 1968. **窒素形態の差異とそ菜の生育 (第4報)生育段階との關係. 日園學雜**. 38 : 44 51.
Jeswani, L. M., B. R. Murty and R. B. Mehara. 1970. Divergence in relation to geographical origin in a world collection of linseed. Ind. J. Gen. and Plt. Breed. 30 : 11 25.
Kaiser, J. J., and O. A. M. Lewis. 1983. Nitrate reductase and glutamine synthetase activity in leaves and roots of nitrate-fed *Helianthus annuus* L. Plant and Soil 77 : 127 130.
Kallio, H., R. Rousku, A. Salminen, and E. Tikanmaki. 1984. Diurnal variations in nitrate content of red beets. J. Agri. Sci. in Finland 56 : 239 243.
Kamachi, K., Yamaya, T., Mae, T., and Ojima, K. 1991. A role for glutamine synthetase in the remobilization of leaf nitrogen during natural senescence in rice leaves. Plant Physiol. 96 : 411 417.
강점순, 조정래, 정연옥. 1995a. **토마토 종자의** priming **후 발아시기에 따른 해부학적 변화. 한원지**(abstract). 13(1) : 82 83.
강점순, 조정래, 정연옥. 1995b. **들깨 종자의** priming **처리가 입묘율 향상과 초기생육에 미치는 영향. Ⅱ**.Priming **처리가 유묘출현과 초기생육 미치는 효과. 한원지**(Abstracts). 13(1) : 80 81.
Khan, A. A. 1980/81. Hormonal regulation of primary and secondary seed dormancy. Israel J. Bot. 29 : 207 224.
Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Hort. Rev.13 : 131 181.
Khan, A. A., K. Tao, J. S. Knypl, B. Borkowska, and L. E. Powell. 1978. Osmotic conditioning of seeds: Physiological and biochemical changes. Acta Hort. 83 : 267 278.
Khan, A. A., N. H. Peck, A. G. Taylor, and C. Samimy. 1983. Osmoconditioning of beet seeds to improve emergence and yield in

cold soil. Agron. J. 75 : 788 794.

김병운. 1986. 미나리 종자의 발육 및 발아특성에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.

김정숙, 곽병화. 1991. Paclobutrazol 처리가 한국 잔디의 생장, 엽록소 및 건조와 녹병 내성에 미치는 영향. 한국원예학회지. 32(1) : 111 116.

김진한. 1977. 미나리의 특성조사 및 석회의 시용효과. 충북대 논문집. 17 : 327 331.

김진한. 1979. 미나리에 관한 연구. 충북대 논문집. 17 : 260 263.

Kim, H. Y. and K. R. Kim, 1986. Relationship between organic compound contents and freezing tolerance in kiwifruit plant. Res. Rep. Rural Devel. Admin. (Suweon). 28 : 95 103.

Kirkby, E. A., and Mengel, K. 1967. Ionic balance in different tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea, or ammonium nutrition. Plant Physiol. 42 : 6 14.

Knight, S. L. and C. A. Mitchell. 1988. Effects incandescent radiation on photosynthesis, growth rate and yield of 'Weldmann's Green' leaf lettuce. Scientia Hort. 35 : 37 49.

Knypl, J. S., and A. A. Khan. 1981. Osmoconditioning of soybean seeds to improve performance at suboptimal temperatures. Agron. J. 73 : 112 116.

位田藤久太郎. 1982. 水耕液のpH管理. 農及園. 57 : 327 331.

Larouche, R., A. Gosselin, and L. P. Vezina. 1989. Nitrogen concentration and photosynthetic photon flux in greenhouse tomato production : Ⅰ. Growth and development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 458 461.

이병일외 1인. 1986. 미나리 실생묘의 생육특성에 관한 연구. 농촌진흥청 농시논문집(농업산학협동편) 267 280.

이병일외 1인. 1988. 미나리 광합성특성에 관한 연구, 한국원예학회지. 29(3) : 191 200.

이병일외 1인. 1990. 온도와 수분조건이 마늘의 발근과 맹아생장에 미치는 영향. 한국원예학회지 31(1) : 15 21.

이병일외 1인. 1991. 미나리의 수경재배체계 개발에 관한 기초연구 I. 양액조건이 무기양분 흡수와 생육에 미치는 영향. 한국원예학회지 32(1) : 29 42.

이병일외 1인. 1991. 미나리의 수경재배체계 개발에 관한 기초연구 II. 양액중의 다량요소조성. 한국원예학회지 32(4) : 425 433.

이병일외 1인. 1992. Induction and morphological characteristics associated with embryogenesis of *Oenanthe stolonfera* DC., 89th Annual Meeting of the American Society for Horticultural Science.

이병일외 1인. 1993. 체세포배발생을 통한 미나리의 대량증식체계 개발 I. 체세포배의 유기조건과 발생의 형태적 특성. 한국원예학회지. 34 (2) : 108 114.

Lee, B. Y. et al. 1994. Preliminary studies on the establishment of seedling production system by somatic embryogenesis in *Oenanthe stolonfera* DC., XXIV International Horticultural Congress, Kyoto Japan.

이병일외 1인. 1995. 미나리 체세포배의 기내 생산체계, 한국원예학회지 36(1) : 38 45.

이병일외 2인. 1987. 미나리의 실생번식법에 관한 연구 III. 미나리 종자내의 발아억제 물질에 관한 시험, 한국원예학회지 28(4) : 300 308.

이병일외 2인. 1987. 미나리 실생번식법에 관한 연구 I. 미나리의 개화습성, 종자구조 및 발육과정, 서울대학교 농학연구 12(1) : 15 20.

이병일외 2인. 1987. 미나리 실생번식법에 관한 연구 IV. 수세처리가 미나리 종자발아에 미치는 영향, 한국원예학회지 28(4) : 309 315.

이병일외 2인. 1987. 미나리의 실생번식법에 관한 연구 II. 몇가지 전처리와 온도 및 광이 미나리 종자발아에 미치는 영향, 한국원예학회지 28(4) : 289 299.

이병일외 4인. 1992. 채소 수경재배체계 도입에 의한 양어시설의 효율적 이용에 관한 연구. 한국생물생산시설환경학회지 1(2) : 123 134.

이응호, 이병일. 1991. 미나리의 수경재배 체계 개발에 관한 기초 연구. Ⅰ. 양액조건이 무기양분 흡수와 생육에 미치는 영향. 한원지. 32(1) : 29 42.

Lee, E. H., J. K. Byun and J. W. Stephanie. 1986. Protection of crop plants from sulfur deoxide, chilling, and heat-induced injury with paclobutrazol. Perspetive Environ. Bot. Vol. 2, in press.

Lee, E. H., J. K. Byun and S. J. Wilding. 1985. A new gibberellin biosynthesis inhibitor, paclobutrazol(PP 333); confers increase SO2 tolerance on snap bean. Plant Environ. Exp. Botany 25 : 265 275.

Lillo, C. 1993. Magnesium and calcium inhibition of squash leaf nitrate reductase. Plant Cell Physiol. 34:1181 1185.

Lillo, C. and A. Hendrikson. 1984. Comparative studies of diurnal variations of nitrate reductase activity in wheat, oat and barley. Physiol. Plant. 62 : 89 94.

Lin, W. H. and C. H. Kao. 1980. Factors affecting in vivo nitrate

reductase activity in triticale. Physiol. Plant. 48 : 361 364.
Lowry, O. H., N. I. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193 : 265 275.
Maanen, J. M. S., A. Dijk, K. Mulder, M. H. Baets, P. C. A. Menheere, D. Heide, P. L. J. M. Mertens and J. C. S. Kleinjans. 1994. Consumption of drinking water with high nitrate levels causes hypertrophy of the thyroid. Toxicology Letters 72 : 365 374.
Macduff, J. H. and F. E. Trim. 1986. Effects of root temperature and form of nitrogen nutrition on nitrate reductase activity in oilseed rape(*Brassica napus* L.). Ann. Bot. 57 : 345 352.
Malnassy, P. G. 1971. Physiological and biochemical studies on a teatment hastening the germination of seeds at low temperatures. Ph. D. Diss. Rutgers Univ., New Brunswick, N. J.
Martinoia, E., U. Heck and A. Wiemken. 1980. Vacuoles as storage compartments for nitrate in barley leaves. Nature 289 : 292 293.
Mehta, P. and H. S. Srivastava. 1980. Comparative stability of ammonium and nitrate induced nitrate reductase activity in maze leaves. Phytochem. 19 : 2527 2530.
Mengel, K., P. Robin and L. Salsac, 1983. Nitrate reductase activity in shoots and roots of maize seedlings as affected by the form of nitrogen nutrition and the pH of the nutrient solution. Plant Physiol. 71 : 618 622.
Mexal, J., J. T. Fisher, J. Osteryoung, and C. P. Reid. 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implication in plant-water relations. Plant Physiol. 55 : 20 24.
Michel, B. E., and M. R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51 : 914 916.
Minotti, P. L., D. C. Williams and W.A. Jackson. 1969. Nitrate uptake by wheat as influenced by ammonium and other cations. Crop Sci. 9 : 9 14.
Mohanty, B. and J. S. Fletcher. 1976. Ammonium influence on the growth and nitrate reductase activity of paul's scarlet rose suspension cultures. Plant Physiol. 58 : 152 155.
Money, N. P. 1989. Osmotic pressure of aqueous polyethylene glycols. Relationship between molecular weight and vapor pressure deficit. Plant Physiol. 91 : 766 769.

Mortensen, L. M. and E. Stromme. 1987. Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Hort. 33 : 27 36.

문창훈, 정갑채, 하순호. 1991. **오이**(*Cucumis sativus* L.)**의 질산환원효소의 활성에 미치는 광과** NO3-**의 영향**. **한원지**. 32 : 157 162.

Myczkowski, J., S. Rozek, W. Sady and T. Wojtaszek. 1986. Some indices of nitrate metabolism in lettuce grown by the nutrient film technique on varying nutrient solution. Acta Physiol. Plant. 8 : 43 52.

Nicholas, J. C., Happer J. E. and Hageman R. H. 1976. Nitrate reductase activity in soybeans(*Glycine max* 〔L.〕 Merr.). Plant Physiol. 58 : 731 735.

Norman, S. M., R. D. Bennet, S. M. Poling, V. P. Marier, and M. D. Nelson. 1986. Paclobutrazol inhibits abscisic acid biosynthesis in *Cercospora rosicola*. Plant Physiol. 80 : 122 125.

Oertli, J. J., P. Bauder and R. Ruh. 1987. Einfluss des Nitratentzuges vor der Ernte auf die Nitatgehalte in Gemüsen. Schweiz. Landw. Fo. Recherche Agron. en Suisse. 26 : 491 498.

오영주, 박권우. 1984. **근부의 광조건과 수경재배법이 무 및 상추의 생육과 품질에 미치는 영향**. **한원지**. 25 : 206 211.

Okiei, W., and I. Adamson. 1979. Nitrate-Nitrite, vitamin C and in-vitro methemoglobin formation from some vegetables. Nutrition reports internatio- nal. 19 : 241 248.

大澤孝也, **池田英男**. 1985. **水耕培養液の窒素形態と**pH**そ菜の亞鉛過剰障害に及ぼす影響**. **日園學雑**. 53 : 427 431.

大澤孝也. 1971. **菜亞硝酸害關研究(第 1報)**. **培養液の亞硝酸濃度がそ菜の生育に及ぼす影響**. **日園學雑**. 40 : 59 64.

織田彌三郎. 1974. **せり-冬の水田を有利に生がす-農村漁村文化協會**.

Osaki, M., J. Shirai, T. Shinano and T. Tadano. 1995. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and swelling of potato plants. Soil Sci. 41 : 709 719.

Ota, K. and Y. Yamamoto. 1990. Effects of different nitrogen sources on glutamine synthetase and ferredoxin dependent glutamate synthetase activities and on free amino acid composition in radish plants. Soil Sci. Plant Nutr. 36 : 645 652.

Park, K. W. and D. Fritz. 1983. Influence of fertilization on quality components of radish grown in greenhouse. Gartenbauwissenschaft 48 : 227 230.

Park, K. W. and D. Fritz. 1984. Effects of fertilization and irrigation on the quality of radish /*Raphanus sativus* L. var. Niger/ grown in experimental pots. Acta Horticulturae 145 : 129 132.

박권우, **김문자**. 1985. **무의 품질에 관한 연구**. **II**. **품종 및 뿌리 부위별 품질관련형질의 차이**. **한원지**. 26 : 226 230.

Passam, H. C., P. I. Karavites, A. A. Papandreou, C. A. Thanos, and K. Georghiou. 1989. Osmoconditioning of seeds in relation to growth and fruit yield of aubergine, pepper, cucumber and melon in unheated greenhouse cultivation. Scient. Hortic. 38 : 207 216.

Perkins-Veazie, P., and D. J. Cantliffe. 1984. Need for high quality seed for effective priming to overcome thermodormancy. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 368 372.

Pill, W. G. 1986. Parsley emergence and seedling growth from raw, osmoconditioned and pregerminated seeds. HortScience 21 : 1134 1136.

Pill, W. G., J. J. Frett, and D. C. Morneau. 1991. Germination and seedling emergence of primed tomato and asparagus seeds under adverse conditions. HortScience 26 : 1160 1162.

Pill, W. G., and W. E. Finch-Savage. 1988. Effects of combining priming and plant growth regulator treatments on the synchronization of carrot seed germination. Ann. Appl. Biol. 114 : 383 389.

Plaut, Z. 1974. Nitrate reductase activity of wheat seedlings during exposure and recovery from water stress and salinity. Physiol. Plant. 30 : 212 217.

Puritch, G. S. and A. V. Barker. 1967. Structure and function of the tomato leaf chloroplasts during ammonium toxicity. Plant Physiol. 42 : 1229 1238.

Quinche, J. P. 1982. Fluctuations des teneurs en nitrates des legumes au cours de la journee. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic. 14 : 85 87.

Rabin, J., G. A. Berkowitz, and S. W. Akers. 1988. Field performance of osmotically primed parsley seed. HortScience 23 : 554 555.

Radin, J. W., L. L. Parker and C. R. Cell. 1978. Partitioning of sugar between growth and nitrate reduction in cotton roots. Plant Physiol. 62 : 550 553.

Rajasekhar, V. K. and H. Mohr. 1986. Appearance of nitrate reductase in cotyledons of the mustard(*Sinapsis alba* L.) seedlings as affected

by nitrate, phytochrome and photooxidative damage of plastids. Planta 168 : 369 376.
Ratajczak, L., W. Ratajczak and H. Mazurowa. 1981. The effect of different carbon and nitrogen sources on the activity of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in lupine embryonic axes. Physiol. Plant. 51 : 277 280.
Reed, A. N., E. A. Curry, and M. W. Williams. 1989. Translocation of triazole growth retardants in plant tissues. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(6) : 893 898.
Rivas, M., F. J. Sundstrom, and R. L. Edwards. 1984. Germination and crop development of hot pepper after seed priming. HortScience 19 : 279 281.
Rufty, T. W., W. A. Jackson and C. D. Raper. 1981. Nitrate reduction in roots as affected by the presence of potassium and by flux of nitrate through the roots. Plant Physiol. 68 : 605 609.
Ruth, G. N. and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage NO_3^-/NH_4^+ effect on tomato development II. Nutrients composition of tomato plants. Agron. J. 72 : 762 766.
Ruth, G. N. and U. Kafkafi. 1983. The effect of root temperature and NO_3/NH_4 ratio on strawberry plants. I. Growth, flowering and root development. Agron. J. 75 : 941 947.
Sacha, M. 1977. Priming of watermelon seeds for low-temperature germination. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 : 175 178.
福田直也, **池田英男**, **察良誠**. 1993. **光質が人工光下で栽培されたレタスの養水分吸收におよぼす影響**. **農業施設** 24 : 31 38.
Sanderson, G. W. and E. C. Cocking. 1964. Enzymic assimilation of nitrate in tomato plants I. Reduction of nitrate to nitrite. Plant Physiol. 39 : 416 422.
Sawhney, S. K. and Naik M. S. 1972. Role of light the synthesis of nitrate reductase and nitrite reductase in rice seedlings. Biochem. J. 130 : 475-485.
Scarisbrick, D. H., A. Addo-Quaye, R. W. Daniels, and B. S. Mahamud. 1985. The effect of paclobutrazol on plant height and seed yield of oil-seed rape(*Brassica napus*). J. Agric. Sci. 105 : 605 601.
서상곤, **정희돈**. 1986. Paclobutrazol **처리가 오이의 생육과 내한성 및 내건성에 미치는 영향**. **한국원예학회지**. 27(2) : 111 118.
Shen, H. J. and B. Zeng. 1993. Increased drought resistance of black

locust seedlings *via* pretreatment of seeds with paclobutrazol. Can. J. For. Res. 23 : 2548 2551.

Simon, C. 1970. Die alimentare Methamoglobinamie im Ssauglin GSA. Ernahrungs-Umschau. 17 : 3 5.

Smith, P. T., and B. G. Cobb. 1991a. Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solutions and water. HortScience 26 : 417 419.

Smith, P. T., and B. G. Cobb. 1991b. Physiological and enzymatic activity of pepper seeds(*Capsicum annum*) during priming. Physiol. Plant. 82 : 417 419.

손상목, E. Przemeck. 1991. 밀의 glutamine synthetase 활성도와 질소함량 및 수량과의 관계. 한작지. 36 : 545 553.

손상목, M. J. Ems. 1992. NO_3^- 수준이 oxidative pentosphosphate pathway와 질산동화작용효소[nitrate reductase, nitratrite reductase, glutamine synthetase] 및 암모늄 재동화작용 주요효소[glutamine synthetase2] 활성도의 상호관계에 미치는 영향. 한작지. 37 : 468 475.

손상목, 오경석. 1993. 질소비료 저투입에 의한 우수농산물 간이판정지표로서 주요농작물의 가식부위내 NO_3-함량 활용 가능성에 관한 연구. 한국유기농업학회지. 2 : 2 15.

손상목. 1989. 소맥엽의 glutamine synthetase 활성도에 관한 연구. Ⅰ. 엽위별 GS 활성도의 차이 및 출수 후 "V"자형 변화현상. 한작지. 34 : 98 105.

Stance, G. M., G. Jenkins, and P. R. Hanson. 1979. Varieltal responses in spring barley to natural and artificial lodging and to a growth regulator. J. Agric. Sci. 93 : 449 456.

Steer, B. T. 1974. Control of diurnal variations in photosynthetic products. Ⅱ. Nitrate reductase activity. Plant Physiol. 54 : 762 765.

Steingrover, E., P. Ratering and J. Sisling. 1986. Daily changes in uptake, reduction and storage of nitrate in spinach grown at low light intensity. Physiol. Plant. 66 : 550 556.

Stinchcombe, G. R., E. Copas, P. R. Williams, G. Arnold. 1984. The effect of paclobutrazol and daminozide on the growth and yield of cider apple trees. J. Hort. Sci. 59 : 323 327.

Stokes, P. 1965. Temperature and dormancy. Encyclop. Plant. Physiol. 15(2) : 746 803.

Street, J. E., J. H. Jordan, M. W. Ebelhar, and D. L. Boykin. 1986.

Plant height and yield responses of rice to paclobutrazol. Agron. J. 77 : 288 291.

Sugiyama, N. and S. Hanawa. 1992. Growth responses of rabbiteye blueberry plants to N forms at constant pH in solution culture. J. Japan Soc. Hort. Sci. 61 : 25 29.

Szafirowska, A., A. A. Khan, and N. H. Peck. 1981. Osmoconditioning of carrot seeds to improve seedling establishment and yield in cold soil. Agron. J. 73 : 845 848.

Tafazoli, E. and C. A. Beyl, 1993. Foliarly applied abscisic acid and its effect on cold hardiness and carbohydrates in *Actinidia arguta*. Iran J. Agri. (in press).

Takács, E. and L. Técsi. 1992. Effects of NO3-/NH4+ ratio on photosynthetic rate, nitrate reductase activity and chloroplast ultrastructure in three cultivars of red pepper(*Capsicum annuum* L.). J. Plant Physiol. 140 : 298 305.

高橋久光, C. Shennan and R. C. Huffaker. 1993. **亜鉛缺乏と遮光がトウモロコシ**(*Zea mays* L.)**の硝酸還元酵素の活性に及ぼす影響**. **東農大農學集報**. 38 : 117 123.

高德錚.. 1991. **溫度・光照及 肥對水耕蔬菜品質之影響**. **動態浮根式水耕系統之開發與利用** 151 159.

Tang, R. S. and Y. N. Wu. 1986. Growth retardant-first report of PP333 test. Jiangsu Agric. Sci. Sin. 2 : 12.

Tannenbaum, S. R., J. S. Wishnok and C. D. Leaf. 1991. Inhibition of nitrosamine formation by ascorbic acid. Am. J. Clin. Nutr. 53 : 247 250.

Taylor, A. A. and G. R. Stewart. 1980. The effect of ammonia and light/dark transitions on the level of glutamine synthetase activity in *Osmunda regalis*. Plant Science Letters. 20 : 125 131.

Tayo, T. O. and D. G. Morgan. 1979. Factors influencing flower and pod development in oil-seed rape. J. of Agric. Sci. 92 : 363-373.

Teare, I. D., R. Manam and E. T. Kanemasu. 1974. Diurnal and seasonal trends in nitrate reductase acitivity in field grown sorghum plants. Agron. J. 66 : 733 736.

Terry, L. F., J. M. Zajicek, and M. A. Hussey. 1992. Use of seed priming to bypass stratification requirements of three *Aquilegia* Species. HortScience 27(4) : 310 313.

Terry, N. 1968. Developmental physiology of sugar beet. I. The influence

of light and temperature on growth. J. Expt. Bot. 19 : 795 811.
Travis, R. L. and J. L. Key. 1971. Correlation between polyribosome level and the ability to induce nitrate reductase in dark-grown corn seedlings. Plant Physiol. 48 : 617 620.
Travis, R. L., R. C. Huffaker and J. L. Key. 1970. Light induced development of polyribosomes and the induction of nitrate reductase in corn leaves. Plant Physiol. 46 : 800 805.
Upadhyay, M. K. and B. R. Murty. 1970. Genetic divergence in relation to geographical distribution in pearl millet. Ind. J. Gen. and Plt. Breed. 30 : 704 715.
Valdes, V. M., K. J. Bradford, and K. S. Mayberry. 1985. Alleviation of thermodormancy in coated lettuce(*Lactuca sativa)* cultivar "Empire" by seed priming. HortScience. 20 : 1112 1114.
Van der Toorn, P. 1989. Embryo growth in mature celery seeds. Ph.D. Dissertation, Agricultural University, Waginengen, The Netherlands, 1989. pp.95
Vines, H. M. and R. T. Wedding. 1960. Some effects of ammonia on plant metabolism and a possible mechanism for ammonia toxicity. Plant Physiol. 35 : 820 825.
Vlahos, J. C. 1990. Daylength influences growth and development of *Achimenes*. HortScience 25:1595-1596.
Vlahos, J. C., E., Heuvelink and G. F. P. Martakis. 1991. A growth analysis study on 3 *Achimenses* cultivars grown under 3 light regimes. Scientia Hort. 46 : 275 282.
Vlahos, J. C., G. R. P. Martakis and E. Heuvelink. 1992. Daylength, light quality and temperature influence growth and development of *Achimenes*. HortScience 27(12) : 1269 1271.
Vollbrecht, P., E. Klein and H. Kasemir. 1989. Differents effects of supplied ammonium on glutamine synthetase activity in mustard(*Sinapis alba*) and pine(*Pinus sylvestris*) seedlings. Physiol. Plant. 77 : 129 135.
Wakhloo, J. L. and A. Staudt. 1988. Development of nitrate reductase activity in expanding leaves of *Nicotiana tabacum* in relation to the concentration of nitrate and potassium. Plant Physiol. 87 : 258 263.
Wallace, W. 1973. The distribution and characteristics of nitrate reductase and glutamate dehydrogenase in the maze seedling. Plant Physiol. 52 : 191 196.

Wample, R. L. and E. B. Culver. 1983. The influence of paclobutrazol, a new growth regulators on sunflower. J. Amer. Soc. Sci. 108(1) : 122 125.

Wang, C. Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. Hortic. 26 : 293 298.

Wang, Y. T. 1991. Modification of *Hibiscus* growth by treating paclobutrazol. J. Plant Growth Regul. 10 : 47 51.

Weibe, H. J., and H. Tissen. 1979. Effects of differnt seed treatments on embryo growth and emergence of carrot seeds. Gartenbauwissenschaft 44 : 280 284.

Weibe, H. J., and T. Muhyaddin. 1987. Improvement of emergence by osmotic seed treatments in soils of high salinity. Acta Hortic. 198 : 91 100.

Wiebe, H. -J. 1987. Einfluß der Tageslänge auf Entwicklung, Wachstum und Nitratgehalt von Spinatsorten. Gartenbauwissenschaft. 52.S. : 103 108.

Wild, A., R. Zerbe and A. S. W. Leidig. 1981. A comparison of the activities of nitrate and nitrite reductase under weak and strong light conditions. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. 94S : 701 707.

William, S. M. and A. M. Harry. 1978. Influence of NO3/NH4 on growth, N absorption and assimilation by lima beans in solution culture. Agron. J. 70: 1027 1031.

Willihan, E. F., R. G. Sharpless and W. L. Printy. 1977. Effect of pH on yield and leaf composition of hydroponic tomato. HortSci. 12 : 316 317.

Wolfe, D. W., and W. L. Sims. 1982. Effects of osmoconditioning and fluid drilling of tomato seed on emergence rate and final yield. HortScience 17 : 936 937.

Wolfe, J. A. 1978. Chilling injury in plants - The role of membrane lipid fluidity. Plant Cell Envir. 1 : 241 247.

Wright, M. G. and K. L. Davison. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning of animals. Advances in Agron. 16 : 197 247.

山崎肯哉. 1982. **養液栽培全編**. **博友社**.

Yamaya, T., H. Tanno, N. Hirose, S. Watanabe and T. Hayakawa. 1995. A supply of nitrogen causes increase in the level of NADH-dependent glutamine synthetase protein and in the activity of the enzyme in roots of rice seedlings. Plant Cell Physiol. 36 :

1197　1204.

양승렬, 저연규, 양원모. 1989. **한국산 미나리**(*Oenanthe stolon fera* DC)**의 양질계통 선발을 위한 주요 특성에 관한 연구. 한국원예학회지,** 30(3) : 180　186.

양승렬. 1983. **한국산 미나리의 형태 및 생태에 관한 연구. 미나리의 주요 형태적 유형. 순천대학논문집** 2 : 193　206.

양승렬. 1984. **한국산 미나리의 주요형태적 특성에 관한 연구. 순천대학논문집** 3 : 421　447.

Yelle, S., A. Gosselin and M. J. Trudel. 1987. Effect of atmospheric CO2 concentration and root-zone temperature on growth, mineral nutrition and nitrate reductase activity of greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 1036　1040.

윤홍태. 1979. **한국산 미나리**(Oenanthe stolonifera DC.)**의 형태학적연구. 건국대학교 석사학위논문.**

Zuo, W., C. H. Hang, and G. Zheng. 1988. Physiological effects of priming with SPP on seeds of pea, tomato and spinach. Proc. Int. Conf. Stand Estab. Hort. Crops, Lancaster, PA. Pp.124　133.