

딸기 수경재배에서 NO₃-N과 NH₄-N의 비율이 ‘章姬’의 생육, 수량 및 과실의 품질에 미치는 영향

전하준¹ · 황진규¹ · 손미자¹ · 윤혜숙²
¹대구대학교 생명환경대학, ²경상남도 농업기술원

Effect of NO₃-N : NH₄-N Ratio in Nutrient Solution on Growth, Yield and Fruit Quality of Strawberry ‘Akihime’ in Hydroponic System

Ha Joon Jun¹, Jin Gyu Hwang¹, Mi Ja Son¹, and Hae Suk Yoon²

¹College of Life & Environmental Science Daegu University, Gyongsan 712-714, Korea

²Gyeongnam Agricultural Research & Extension Services, Jinju 660-370, Korea

Abstract. The experiment has investigated the effects of growth, yield, fruit quality and cation absorption of strawberry ‘Akihime’ in different NO₃-N:NH₄-N ratio in nutrient solution. NO₃-N:NH₄-N ratios were 5.5:0, 4.0:1.5 and 3.0:2.5me·L⁻¹. As the ratio of NH₄-N increased, pH was decreased by 5.0~6.0 and EC sustained 0.8~1.0dS·m⁻¹ during experiment. Though in high NH₄-N ratio of 3.0:2.5me·L⁻¹, the absorption of cations(K, Ca and Mg) was not inhibited. Treatment in contained NH₄-N showed a tendency of increasing of petiole length and leaf width. The fruit length, fruit width, fruit weight and soluble solids were not significantly different. Yield per plant was lowest in 4.0:1.5 me·L⁻¹ of NO₃-N:NH₄-N ratio. Malformation fruit has not shown during the whole growth period.

Key words : cations, hydroponics, malformation fruit, NO₃-N:NH₄-N ratio, strawberry

서 언

딸기는 호냉성 과채류로서 저온기에도 난방비의 부담이 적고 단위면적당 수익이 높은 중요한 채소이다. 특히 딸기는 비타민 C와 함께 항산화 활성이 있는 다양한 페놀화합물을 함유하고 있고 향기가 뛰어나며 용도가 다양하여(Meyers 등, 2003) 그 수요는 앞으로 계속 늘어날 것으로 전망된다. 그런데 딸기는 재배기간이 길며 관리나 수확작업에 일손이 많이 들어 고령화와 일손부족에 시달리는 농촌에서는 최근에 수경재배로의 전환이 증가되고 있다. 수경재배는 고설식 벤치를 설치하여 작업자세를 개선하고 시비 및 관수를 자동화하여 노동력을 향상시킬 수 있으며, 위황병 등의 토양 전염성 병해를 회피할 수 있다(Jun 등, 2006)고 하였으며, 특히, 질소질 비료의 조절이 용이하여 생육촉진

이나 초세조절이 용이하며, 고품질 다수확의 딸기생산이 용이하다. 최근에 남부지방에서 딸기의 수경재배농가가 급속하게 증가하고 있는데 아직 딸기의 배양액 관리 기술에 대한 정보가 부족한 실정이다.

채소작물에서 질소 비료는 생육, 수량 및 과실의 품질에 큰 영향을 미치는데, 식물체내에서 질소화합물은 단백질, 핵산, 엽록소, 효소 등의 구성성분으로 식물에 중요한 역할을 한다. 질소는 뿌리에서 NO₃-N 또는 NH₄-N로 흡수된 후 도관부를 통해서 지상부로 전류된다. 작물에 따라 질소비료의 종류 및 농도에 따른 반응이 다양하며, 동일 식물이라 하더라도 계절과 광 등의 환경조건과 배양액의 pH 및 생육단계에 따라 NO₃⁻와 NH₄⁺의 흡수반응이 달라질 수 있다(Puritch와 Baker, 1967; Ikeda 등, 1981; Goyal 등, 1982). NO₃-N와 NH₄-N의 비율이 식물체의 생장과 수량에 미치는 영향에 관한 많은 연구가 엽채류, 과채류, 화훼류 등의 여러 작물에서 이루어져 왔다(Green과 Holley, 1973; Peterson 등, 1998; Lim과 Jeong, 2001; Lim 등, 2007).

*Corresponding author: hjjun@daegu.ac.kr
Received February 16, 2009; Revised March 6, 2009
Accepted March 15, 2009

딸기 수경재배에서 NO₃-N과 NH₄-N의 비율이 ‘章姬’의 생육, 수량 및 과실의 품질에 미치는 영향

대부분의 채소작물은 배양액에 NO₃-N은 고농도로 사용해도 작물에 해가 나타나지 않지만, NH₄-N은 적은 양이 축적되어도 장애를 일으키기 쉽고 길항적으로 다른 양이온의 흡수를 억제시켜 토마토의 배꼽썩음병, 상추와 딸기의 잎끝마름병과 같은 생리장애의 원인이 되기도 한다(Ruth와 Kafkafi, 1983).

Ikeda와 Osawa(1981)는 딸기와 오이는 NH₄-N를, 토마토는 NO₃-N를 우선적으로 흡수하는 성질이 있다고 하여, 온도가 낮고 일조가 약할 때 재배되는 우리나라의 축성재배 딸기에서는 배양액에 NH₄-N가 함유되어 있을 경우에는 NH₄-N의 과잉흡수에 의한 장애가 충분히 예상될 수 있다. 그래서 딸기 축성재배 시에 배양액 내의 NO₃-N와 NH₄-N 비율을 달리했을 때 ‘章姬’ 딸기의 생육, 수량, 과실의 품질 및 양이온 흡수에 미치는 영향을 조사하여 딸기의 수경재배기술 개발을 위한 기초자료를 얻고자 실험을 실시하였다.

재료 및 방법

딸기 ‘章姬’ 품종을 2006년 9월 18일에 대구대학교 부속농장의 실험 유리온실에 25cm간격으로 2줄식으로 코코피트 배지에 정식을 하였다. 정식 직후에는 뿌리의 활착을 촉진시키기 위해서 배양액을 충분히 공급하였다. 활착된 이후 완전히 전개된 본엽 5매를 남기고 적엽을 하였다. 정식 시부터 아마자키 조성 딸기 전용 배양액을 EC 0.8dS·m⁻¹로 조정하여 공급하였고 그 후에는 생육 정도에 따라 0.8~1.0dS·m⁻¹로 조정하며 급액하였다. 11월 20일에서 익년 3월 12까지 야간에는 온풍 난방기를 사용하여 적절한 온도를 유지시켰다. 정화방은 6~7개가 되도록 적화하였고 수세조절을 위하여 11월 26일부터 딸기의 생육상태에 따라 야간에 전조처리를 실시하였다.

고설 수경재배시설은 배양액 순환방식으로 하였고 급액은 압력 보상형 점적호수를 이용하였다. 24시간 타이머와 서브타이머로 급액 스케줄을 설정하고 급액량과 급액 횟수는 배액율이 15~20%정도가 되도록 적절하게 조절하였다. 시험구는 Table 1과 같이 NO₃-N와 NH₄-N의 비율을 5.5:0, 4:1.5, 3:2.5(me·L⁻¹)로 하여 배양액을 조성하고 12월 22일부터 공급하였다. 배지 내의 배양액은 주기적으로 채취하여 EC, pH를 측정하고, 딸기의 K, Ca, Mg의 흡수량을 아마자키의

n/w 방식(Yamazaki, 1982)에 의하여 조사하였다. 배양액의 무기이온 분석은 Ca, Mg은 발광분광분석기(Varian Liberty series II, Australia)로 분석하였고, K는 원자흡광 분광광도계(Varian, Spectra AA-200HT, Australia)로 분석하였다. 시험구 배치는 3처리를 3반복으로 완전임의 배치하였다.

생육조사는 2007년 3월 28일부터 4월 11일까지 각각 2주 간격으로 처리별 딸기의 엽수, 엽폭, 엽병장을 조사하였다. 과실의 수량과 품질은 2월, 3월, 4월에 30주씩 3반복으로 과중, 과장, 과경 등을 조사하였다. 당도는 전자식 굴절 당도계(Atago, PR-101, Japan)로 측정하여 °Brix로 표시하였다. 측정된 결과는 SAS (Statistical Analysis System, USA)프로그램을 이용하여 통계분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

질소비료의 함량을 동일하도록 하기 위하여 각 처리별로 다른 비료염을 사용하였는데(Table 1), K, Ca, Mg은 각각 3, 2, 1me·L⁻¹로 세 처리 모두 동일하였으나 P

Table 1. Composition of various fertilizers for three combinations of NO₃-N and NH₄-N in strawberry ‘Akihime’ in hydroponic system.

| Fertilizer | N | | P | K | Ca | Mg | S |
|------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | NO ₃ -N | NH ₄ -N | | | | | |
| | me·L ⁻¹ | | | | | | |
| KNO ₃ | 2.5 | | | 2.5 | | | |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | | | | | | 1.0 | 1.0 |
| Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O | 2.0 | | | | 2.0 | | |
| NaNO ₃ | 1.0 | | | | | | |
| KH ₂ PO ₄ | | | 1.5 | 0.5 | | | |
| Total | 5.5 | 0 | 1.5 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| KNO ₃ | 3.0 | | | 3.0 | | | |
| Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O | 1.0 | | | | 1.0 | | |
| NH ₄ H ₂ PO ₄ | | 1.5 | 4.5 | | | | |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | | | | | | 1.0 | 1.0 |
| CaCl ₂ | | | | | 1.0 | | |
| Total | 4.0 | 1.5 | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 |
| KNO ₃ | 1.0 | | | 1.0 | | | |
| Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O | 2.0 | | | | 2.0 | | |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | | | | | | 1.0 | 1.0 |
| KH ₂ PO ₄ | | | 6.0 | 2.0 | | | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | | 2.5 | | | | | 2.5 |
| Total | 3.0 | 2.5 | 6.0 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 3.5 |

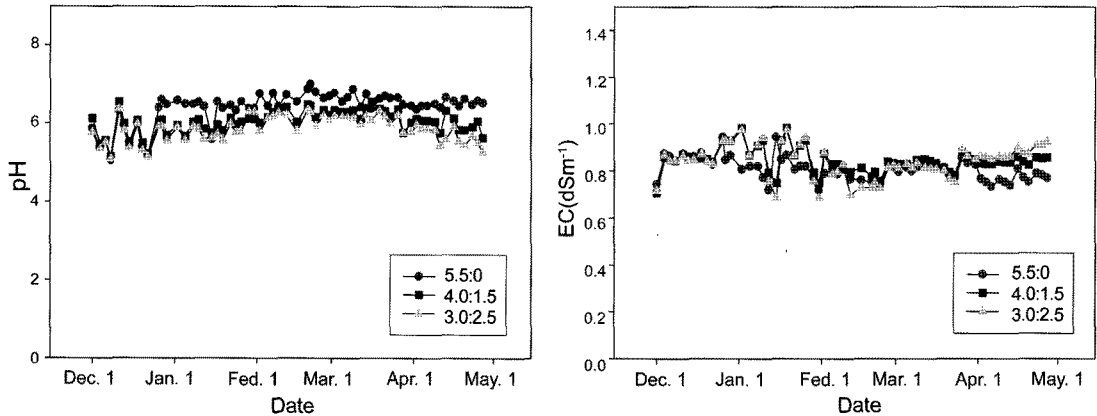


Fig. 1. Changes of pH and EC of circulated nutrient solution in three $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$ ratios during the experiment.

과 S은 처리별로 달라졌다. 그러나 P과 S이 각각 1.5와 $1.0\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상으로 딸기에는 충분한 양이며 다른 작물과 다르게 딸기에서는 과잉해가 발생하지 않는 요소이므로 실험수행에 문제가 되지 않는 것으로 간주하였다.

딸기의 양수분 흡수에 있어서 가장 적절한 pH는 5.5~6.5이지만 배지의 종류, 배양액 조성, 식물의 생육 단계나 뿌리의 활성 정도에 따라서 달라질 수 있는데, 실험기간 동안 순환 배양액 내의 pH는 $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$ 가 5.5:0($\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$)의 처리구에서 가장 높았고 4.0:1.5와 3.0:2.5 순이었다(Fig. 1). 수경재배에서 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 흡수가 증가하면 배양액의 pH가 증가한다(Itaki 등, 1995)고 하였는데, Ikeda와 Osawa(1981)는 딸기는 배양액 내의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 을 우선적으로 흡수하는 성질이 있다고 하여 본 실험에서도 ‘章姬’ 딸기가 $\text{NH}_4\text{-N}$ 을 우선적으로 흡수하여 배양액 내의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율이 높을수록 pH가 저하한 것으로 생각된다. Takada와 Kataoka(1990)의 장미 수경재배 실험에서도 $\text{NH}_4\text{-N}$ 를 우선적으로 흡수하는 동안에는 pH가 저하한다고 하였으며, Kim 등(1989)의 딸기 실험에서도 NH_4^+ 의 비율이 높을수록 pH가 급격하게 낮아졌다고 하였다.

EC는 전 실험기간 동안 0.8~1.0 $\text{d}\cdot\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 4월 이후에 5.5:0 처리구가 다른 처리구보다 약간 낮았으나 그 외에는 처리구 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. Kim 등(1989)은 NH_4^+ 의 비율이 높을수록 EC의 저하속도가 느리다고 하여 본 실험에서의 4월 이후의 경향과 유사한 결과를 보고하였다. Chi 등(1998)은 ‘寶交早生’ 딸기에서 배양액의 농도가 1.3~1.7 $\text{d}\cdot\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ 가 적정 범위라고 하였으나, Udagawa 등(1988)은 고농도의

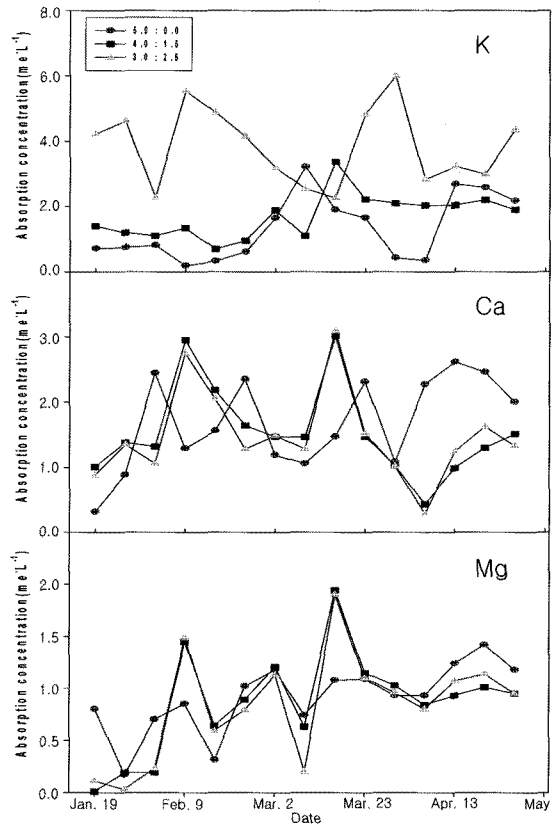


Fig. 2. Changes of absorption concentration of macro nutrient with various $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$ ratio in nutrient solution.

배양액에서는 딸기의 뿌리 생육의 억제와 염중의 감소가 나타난다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

Fig. 2는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율을 달리하였을 때 양이온 흡수에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 일반적인

로 NH₄-N는 다른 양이온과 길항작용을 하여 작물 생육에 결핍증상을 일으킨다고 하였으나(Ruth와 Kafkafi, 1983), 본 실험에서는 NO₃-N:NH₄-N 비율을 3.0:2.5로 높여도 양이온의 흡수량상에 크게 영향을 주지는 않았다. 다만 K는 NO₃-N:NH₄-N 비율이 3.0:2.5로 높은 처리구에서 다른 처리구보다 높은 흡수를 보였지만, 4월에 들어서는 Ca과 Mg은 NH₄-N이 함유된 배양액에서 흡수가 낮아졌다. Shim 등(2001)은 카네이션에서 배양액의 NO₃-N을 높여줄수록 식물체의 P과 K 함량이 증가하고, NH₄-N을 높여줄수록 Ca과 Mg의 함량이 증가한다고 하였다. Ruth와 Kafkafi(1985)는 딸기에서 NO₃의 비율이 높을수록 K, Ca 및 Mg의 식물체내 함량이 많아진다고 하였으며, Maria 등(1974)은 토마토에서 NO₃-와 NH₄⁺비율 변화가 K 흡수에는 영향을 미치지 않고 Ca과 Mg의 흡수를 저해한다고 하였다. 이러한 결과들은 본 실험의 결과와 부분적으로 상통하는 부분이 있으나 전체적인 경향과는 일치하지 않아 더욱 조사가 필요한 것으로 생각된다. 한편, 배지 중의 암모니아 농도가 낮고 공존하는 NO₃-N가 암모니아의 동화를 촉진시키거나 암모니아 흡수를 억제하여 동화가 빨라져서 양이온 흡수에 길항작용이 나타나지 않았을 가능성도 있을 것으로 생각되었다.

딸기의 생육을 4월 28일부터 5월 11일까지 1주일 간격으로 조사한 결과(Table 2), 엽병장과 엽폭이 NO₃-N의 단독 처리구보다 NH₄-N 혼합 처리구에서 더

길어졌으며 NO₃-N:NH₄-N이 4.0:1.5와 3.0:2.5인 처리구 간에는 유의한 차이가 없었다. Choi 등(2008)은 NH₄⁺의 비율이 많아질수록 딸기의 엽수, 엽장, 엽폭, 엽병장이 작아진다고 하여, 본 실험과는 상반된 결과를 나타내었다. Kim 등(1989)은 딸기의 품종 간 차이는 있지만 NH₄⁺의 비율이 25%를 넘어서면 생육에 부적합하다고 추정하였으며, Puritch와 Baker(1967)는 토마토에서 NH₄⁺가 과다할 경우에는 엽록소의 생합성을 저해하고 엽록체조직의 파괴 및 이상형태를 유도시키며 grana가 감소하고 심한 경우에는 전혀 존재하지 않을 뿐 아니라, 단백질 합성을 저해하고 엽록소를 파괴시켜 결국 고사하게 된다고 하였다. 본 실험에서 NO₃-N의 단독 처리구보다 NH₄-N 혼합 처리구에서 엽병장과 엽폭이 증가한 것은 NO₃-N는 식물체내에 흡수된 후 아미노산이나 단백질 등의 아민기로 전환될 때 많은 에너지를 소모하게 되므로 생육이 억제될 수 있는데, NH₄-N는 이러한 과정이 없이 뿌리에서 흡수되면 식물체내에서 바로 아미노산으로 전화될 수 있어서 빠른 생장을 나타낼 수 있는 것으로 생각된다. 엽수는 모든 조사에서 처리 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

Table 3은 NO₃-N와 NH₄-N 비율에 따른 딸기 과실의 품질과 수량에 미치는 영향을 조사한 것이다. 과장, 과경, 과중, 당도는 NO₃-N와 NH₄-N 비율에 따른 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. 그러나 과실의 수

Table 2. Effect of NO₃-N:NH₄-N ratio in nutrient solution on the later growth of strawberry ‘Akihime’ in elevated hydroponic system.

| Growth stage | NO ₃ -N:NH ₄ -N ratio | Petiole length (cm) | Leaf width (cm) | No. of leaves (ea/plant) |
|--------------|---------------------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------------|
| Mar. 28 | 5.5 : 0 | 23.3 | 6.9 | 6.9 |
| | 4.0 : 1.5 | 34.2 | 9.1 | 6.2 |
| | 3.0 : 2.5 | 34.1 | 8.8 | 6.6 |
| | LSD _{0.05} ^z | 7.3 | 1.5 | NS |
| Apr. 4 | 5.5 : 0 | 24.2 | 7.2 | 7.2 |
| | 4.0 : 1.5 | 34.7 | 9.5 | 6.6 |
| | 3.0 : 2.5 | 35.4 | 9.2 | 6.9 |
| | LSD _{0.05} | 6.5 | 1.6 | NS |
| Apr. 11 | 5.5 : 0 | 25.1 | 7.5 | 7.9 |
| | 4.0 : 1.5 | 36.9 | 9.9 | 7.3 |
| | 3.0 : 2.5 | 36.6 | 9.5 | 8.1 |
| | LSD _{0.05} | 7.0 | 1.5 | NS |

^zLeast significant difference at P=0.05

^{NS}Nonsignificant

Table 3. Effect of NO₃-N : NH₄-N ratio in nutrient solution on fruit quality and yield of strawberry 'Akihime' in elevated hydroponic system.

| NO ₃ -N:NH ₄ -N ratio | Fruit length (mm) | Fruit diameter (mm) | Fruit weight (g) | Soluble solids (°Brix) | No. of fruit (ea/plant) | Yield per plant (g/plant) | Malformation rate (%) |
|---------------------------------------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 5.5 : 0 | 57.0 | 33.0 | 25.0 | 7.4 | 8.33 | 212.9 | 0 |
| 4.0 : 1.5 | 57.2 | 33.3 | 26.1 | 7.5 | 7.35 | 189.1 | 0 |
| 3.0 : 2.5 | 56.6 | 33.5 | 25.5 | 7.4 | 8.10 | 209.9 | 0 |
| LSD _{0.05} ^Z | NS | NS | NS | NS | 0.46 | 22.8 | |

^Z Least significant difference at P=0.05

NS Nonsignificant

량과 식물체당 수량은 NO₃-N 단독 처리구에서 많았다. Ruth와 Kafkafi(1983)는 NH₄⁺보다 NO₃⁻가 가용성 고형물이나 전분의 함량을 높인다고 하였으며, NH₄⁺함량이 50% 이상에서 급격한 건물 감소가 발생한다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 나타내었다. Kim 등(1989)도 NH₄⁺의 비율이 높은 처리구에서 생체중 및 건물량이 적었다고 하였는데, 이는 NH₄⁺는 NO₃⁻보다 1M당 산소의 소모량이 3배에 달하며, 당의 소모가 급속히 이루어지기 때문에 생육이 불량해지고 생체중과 건물량이 감소한다고 추정하였다.

일반적으로 화방 형성 시 NH₄-N가 높고 C/N율이 낮으면 선형과, 기형과가 발생하지만 본 실험에서는 이상과가 발생하지 않았다. Ruth와 Kafkafi(1983)는 딸기에서 NH₄⁺의 비율이 높으면 비정상적인 화분의 생성이 많아져서 기형과의 발생이 많아진다고 추정하였으며, Kim 등(1989)은 NH₄⁺의 비율이 높을수록 기형과율이 현저하게 증가하였다고 하였으나, 본 실험에서는 비교적 높은 NH₄-N의 비율에서도 기형과가 발생하지 않았다. 이것은 이미 화방이 형성되고 세포분열이 끝난 시기에 NH₄-N를 처리하여 그 영향이 적었을 가능성이 있는 것으로 생각되는데, Yoshida 등(1992)은 딸기에서 화기의 분화시기에 따라 질소시여 효과의 영향이 크다고 하여, 수술분화기까지는 다질소 시여가 기형과 발생에 강한 영향을 미치지만, 악편분화기 이후와 수술분화기 이후의 질소시여는 기형과 발생이 억제되었다고 하였다. 또한, 실험 수행기간동안 일조가 충분하였고 최저기온이 12월~2월에는 12-13°C, 2월이 지나면서 15°C이상 유지되어 동화작용 또한 활발하여 피해가 적었던 것으로도 생각된다.

딸기는 NH₄-N를 우선적으로 흡수하며 암모니아 해에도 덜 민감한 과채류로 알려져 있으나(Ikeda와

Osawa, 1981), 매향 품종의 경우 NH₄-N 비율이 증가할수록 생육이 억제되었으며 73% 이상 높아지면 과잉증상이 나타났다고 하였으며(Choi 등, 2008), 다른 연구 결과에서도 암모니아태 질소에 의해 생리 및 영양장애가 나타난다고 하였으나, 본 실험에서는 NO₃-N:NH₄-N이 3.0:2.5비율에서도 생육이 억제되지 않고 다른 장애 증상들도 나타나지 않아서 추후에 온도와 광환경 조건 그리고, NH₄-N 처리 시기 및 품종 차이 등에 대해서 더욱 세밀한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 또한 딸기의 백납과는 암모니아태 질소 과다, 규소 과다(Jun 등, 2006)의 원인으로 발생하는 것으로 알려져 있으나 본 실험에서는 비교적 많은 암모니아태 질소의 공급에도 백납과가 발생하지 않아, 이에 대해서도 추후의 재검토가 필요한 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 딸기 배양액의 NO₃-N와 NH₄-N의 비율을 달리하여 '章姬' 딸기의 생육, 수량 및 과실의 품질, 그리고 양이온 흡수에 미치는 영향을 알아보고자 수행하였다. NO₃-N와 NH₄-N의 비율은 5.5:0, 4.0:1.5, 3.0:2.5me-L⁻¹로 조절하였다. 실험기간 동안 배양액내의 NH₄-N의 비율이 높아질수록 pH가 낮았으며, EC는 전 실험기간 동안 0.8~1.0dS·m⁻¹로 4월 이후에 5.5:0 처리구가 다른 처리구보다 약간 낮았으나 그 외에는 처리구 간에 유의한 차이를 나타내지 않았다. NO₃-N:NH₄-N를 3.0:2.5로 NH₄-N의 비율을 높여도 양이온의 흡수에 길항증상이 나타나지 않았다. 딸기의 열병장과 열폭은 NO₃-N의 단독 처리구 보다 NO₃-N:NH₄-N이 4.0:1.5와 3.0:2.5인 처리구에서 더 길어졌다. NO₃-N:NH₄-N이 4.0:1.5와 3.0:2.5 처리구 간에는 유

딸기 수경재배에서 $\text{NO}_3\text{-N}$ 과 $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 비율이 ‘章姬’의 생육, 수량 및 과실의 품질에 미치는 영향

의한 차이가 없었다. 과장, 과경, 과중, 당도는 $\text{NO}_3\text{-N}$ 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 비율 차이에 따른 통계적인 유의차가 인정되지 않았다. 주당 과실 수량은 $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$ 4.0:1.5의 처리구에서 가장 낮았으며, 나머지 두 처리구에는 유의한 차이가 없었다. 실험 기간 동안 이상과는 전혀 발생하지 않았다.

주제어 : 양이온, 수경재배, 이상과, $\text{NO}_3\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N}$ 비율, 딸기

사 사

본 연구는 대구대학교 교내 학술연구비의 지원으로 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Chi, S.H., K.B. Ann, S.W. Park, and J.I. Chang. 1998. Effect of ionic strength of nutrient solution on the growth and fruit yield in hydroponically grown strawberry plants. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 39(2):166-169.
2. Choi, J.M., S.K. Jeong, and K.D. Ko. 2008. Influence of $\text{NO}_3:\text{NH}_3$ ratio in fertilization solution on appearance of ammonium toxicity, growth and nutrient uptake of ‘Maehyang’ strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Kor. J. Hort. Sci. Tec.* 26(3): 223-229.
3. Goyal, S.S., O.A. Lorenz, and R.C. Huffacker. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plant. I. Characterization of toxic effect of NH_4^+ growth and its alleviation by NO_3^- . *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:125-129.
4. Green, J.L. and W. Holley. 1973. Effects of the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio on net photosynthesis of carnation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:171-174.
5. Ikeda, H. and T. Osawa. 1981. Nitrate-N and ammonium-N absorption by vegetable from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 50(2):225-230.
6. Itaki, T., K. Sasaki, and Y. Udagawa. 1995. Practical technics for hydroponics. Nougyoudenkyou. Tokyo.
7. Jun, H.J., J.G. Hwang, M.J. Son, M.H. Choi and H.S. Yoon. 2006. Effect of silicon on albinism of strawberry in elevated hydroponic system. *J. Bio-Environ. Cont.* 15(4):322-326.
8. Kim, K.Y., S.K. Park and E.H. Lee. 1989. The effect of $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ratio on the growth, mineral content and yield of strawberry (*Fragaria grandiflora* EHRH). *RDA(H)J. Agri. Sci.* 31:6-17.
9. Lim, M.Y. and B.R. Jeong. 2001. Effect of N concentration and $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio of nutrient solution on growth and flowering of salvia, petunia and ageratum. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(5):609-613.
10. Lim, T.J., S.D. Hong, S.H. Kim and J.M. Park. 2007. Recommendation of nitrogen fertilization for cucumber from relationship between soil nitrate nitrogen and yield. *J. Kor. Env. Agri.* 26(3):223-227.
11. Maria, E., T. Classen, and G.E. Wilcox. 1974. Effect of nitrogen form on growth and composition of tomato and pea tissues. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99(2):171-174.
12. Meyers, K.J., C.B. Watkins, M.P. Pritts and R.H. Liu. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. *J. Agri. Food Chem.* 51:6887-6892.
13. Peterson, L.A., E.J. Stang, and M.N. Dana. 1998. Blueberry response to $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ ratio. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:9-12.
14. Puritch, G.S. and A.V. Baker. 1967. Structure and function of tomato leaf chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant Physiol.* 42:1229-1238.
15. Ruth, G.N. and U. Kafkafi 1983. The effect of root temperature and $\text{NO}_3:\text{NH}_4$ ratio on strawberry plants. I. Growth flowering, and root development. *Agro. J.* 75:941-946.
16. Ruth, G.N. and U. Kafkafi 1985. The effect of root temperature and nitrate/ammonium ratio on strawberry plants. II. Nitrogen uptake, mineral ions, and carboxylate concentrations. *Agro. J.* 77:835-840.
17. Shim, M.S., S.H. Kim, and K.S. Kim. 2001. Effects of various composition of nutrient solution on the growth and absorption characteristics of *Dianthus caryophyllus* in closed system. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42(6):631-639.
18. Takada, T. and M. Kataoka. 1990. Varietal difference of macro elements absorption and $\text{NH}_4\text{-N}$ uptake on solution cultured roses. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 59:584-585.
19. Udagawa, Y., C. Dogi, and H. Aoki. 1988. Studies on the practical use of nutrient film technique in Japan. (3) Concentration of nutrient solution and quality of strawberry seedlings. *Bull. Chiba Agr. Exp. Stn.* 29:37-47.
20. Yamazaki, K. 1982. Management of pH in nutrient solution in hydroponics. *Agriculture and Horticulture* 57(2):327-331.
21. Yoshida, Y., Y. Fujime, and T. Chujo. 1992. Effects of nitrogen on flower bud development and fruit malformation in ‘Ai-Berry’ strawberry. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 60(4):869-879.