

ORIGINAL ARTICLE

## EM 및 아미노산액비 시용이 '설향' 딸기 모주의 생육에 미치는 영향

안승원\* · 김영철 · 강태주 · 박갑순<sup>1)</sup> · 이국한<sup>2)</sup>

공주대학교 원예학과, <sup>1)</sup>부여군농업기술센터, <sup>2)</sup>농림수산식품교육문화정보원

## Effect of EM and Amino acid Fertilizer Application on the Growth of 'Seolhyang' Strawberry Mother Plants

Seoung-Won Ann\*, Young-Chil Kim, Tae-Ju Kang, Gab-Soon Park<sup>1)</sup>, Kook-Han Lee<sup>2)</sup>

Department of Horticultural science Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

<sup>1)</sup>Buyeo-gen Agriculture Technology Center, Buyeo 323-814, Korea

<sup>2)</sup>Korea Agency of Education, Promotion and Information Service in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (EPIS), Anyang-si 431-804, Korea

### Abstract

The dry weight of mother plants' leaves had the highest increase rate in both NS (single-use) and NS+EM (mixed-use) mixed with NS 0.8 (customary use). In seafood amino acid fertilizer (SAF) application, the increase rate was highest in SAF solution at a 300-fold dilution. Mother plants' crown diameter, plant height, leaf length, leaf width, petiole length and leaf number showed the greatest growth amount when NS 0.8 (customary use) was mixed to NS (single-use) or NS+EM (mixed-use) solution. The growth was highest in SAF solution diluted 300 folds, but lowest in SAF solution diluted 100 folds. Of all inorganic nutrients, excluding sulfur, total amount of nitrogen, available phosphorus, potassium, calcium and magnesium had the highest increase rate in both NS (single-use) and NS+EM (mixed-use) with the treatment of NS 0.8 (customary use). Total nitrogen, in particular, was increased by 3.1% in NS 0.4, 6.0% in NS 0.8, and 4.5% in NS 0.8 with the application of NS+EM at a 500-fold dilution compared to NS alone. Total nitrogen amount showed the highest increase rate in SAF solution diluted 300 folds. Total nitrogen, available phosphorus, calcium, magnesium and EC in soils applied with culture solutions (NS, NS+EM) had increasing tendencies after fertilizer application. The results were comparable to those of SAF treatment. The increase rate of each inorganic nutrient composition declined in soils applied with NS+EM solution diluted 500 folds compared to NS alone.

**Key words** : Effective Microorganisms, Dry weight, Mineral element, Electric conductivity, Seafood amino acid fertilizer

### 1. 서론

딸기는 다른 과채류에 비해 내염성이 약하여 시기별 비료의 적정 농도가 매우 중요한데, 배지 내 전기전도도

(EC)가 높을 경우 뿌리가 쉽게 노화되어 지상부의 생육을 저해한다(Choi 등, 1998). 또한 배지가 화학적으로 불안정한 경우 관부에서 신생 뿌리의 발생이 저조하기 때문에 안정적이어야 하며 양분공급 또한 원활해야 한다

Received 25 November, 2014; Revised 16 December, 2014;

Accepted 24 December, 2014

\*Corresponding author: Seoung-Won Ann, Department of Horticultural science Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea  
Phone: +82-10-41-330-1224  
E-mail: annsw@kongju.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

(Udagawa 등, 1988). 특히 육묘기 모주의 생리장해는 자묘의 생장 억제, 즉 건물중, 개화율 및 자묘수 감소 등을 초래하여 본포정식 후 착과수가 적어진다(Flower 등, 1977). 또한 토양 내 양분 흡수를 저해하고(Yamaguchi, 1989), 수분 스트레스를 유도하여 생리대사에 크게 영향을 주며, 광합성속도를 감소시킨다(Rhee 등, 2001). 모주의 고농도 시비는 수분 흡수량 저하, 길항작용 및 세포 내의 수분포텐셜 저하(Hannan, 1998) 등으로 자묘생산에 피해를 줄 수 있다. 그러므로 작물의 영양 상태를 적절한 수준으로 유지, 관리하기 위해서는 재배품종의 양분 흡수 특성을 명확히 파악해야 한다(Saikoku 와 Sanho, 1995).

식물은 체내에서 아미노산을 자체적으로 합성하거나 외부에서 흡수하여 단백질 형태로 저장, 대사에너지로 전환, 생리활성 등 다양한 용도로 이용을 하고 있다. 국내에서는 아미노산 액비를 작물에 처리하기 위한 연구가 진행되었으며, 토마토 육묘에 Glycine을 엽면 살포한 결과 초장과 건물중의 증가가 보고되었고(Kang 등, 2006), 곡물 아미노산을 포도에 엽면 살포 후 과중 증가 및 저장성 향상으로 상품성이 높아졌다고 하였다(Ju 등, 2007). 그러나 농 축수산 부산물을 활용한 아미노산액비는 물질의 조성 및 비료의 효과 등이 다양하여 재활용에 많은 어려움이 있다(Hika, 1991). 특히 해양부산물 아미노산액

비는 식물생육에 유용한 영양원을 다량 함유하여 화학비료의 대체 영양원으로 기대되고 있으나, 기능성에 대한 객관적인 표준화가 미비한 실정에 있다.

따라서 본 연구는 국내 대표적인 과채류로 알려진 딸기를 대상으로 육묘기 EM 및 아미노산액비 사용이 모주의 생육에 미치는 영향을 구명하여 현장활용 자료로 제시하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

본 연구는 2011년 3월부터 2013년 8월까지 충청남도 예산군에 소재한 공주대학교 산업과학대학 실습포장 내 고설베드가 설치된 단동형 PE 하우스에서 수행하였다. 시험작물인 딸기는 논산딸기시험장에서 확보한 '설향' 품종의 모주를 사용하였다. 모주재배 상토는 딸기 육묘용 상토(참그로)를 사용하였으며, 실험용 추비는 배양액(NS: Nutrient Solution, 한국원시표준액)과 유용미생물(EM: Effective Microorganisms, 애버미라클), 해양부산물 아미노산액비(SAF, Seafood Amino acid Fertilizer, 나라원)를 사용하였다(Table 1).

모주의 생육조사는 추비 전·후로 나누어 수행하였다. 모주 정식 후 110일 동안 추비를 사용하지 않은 모주의 생육과 30일 동안 배양액(NS), 배양액(NS) + 유용미생물(EM) 및 해양부산물 아미노산액비(SAF)를 10회 처

**Table 1.** Mineral elements content of experimental fertilizer

| Treatment <sup>1)</sup> | Component (%) |       |       |      |      |      |
|-------------------------|---------------|-------|-------|------|------|------|
|                         | T-N           | P     | K     | Ca   | Mg   | S    |
| NS 0.4                  | 0.57          | 0.11  | 0.61  | 0.72 | 0.23 | 0.39 |
| NS 0.8                  | 1.00          | 0.21  | 1.16  | 1.50 | 0.43 | 0.87 |
| NS 1.6                  | 1.83          | 0.54  | 2.90  | 3.25 | 0.91 | 1.73 |
| NS 0.4 + EM500          | 0.57          | 0.12  | 0.66  | 0.73 | 0.24 | 0.40 |
| NS 0.8 + EM500          | 1.00          | 0.22  | 1.23  | 1.54 | 0.44 | 0.89 |
| NS 1.6 + EM500          | 1.83          | 0.55  | 2.97  | 3.28 | 0.92 | 1.76 |
| EM 500                  | 0.001         | 0.002 | 0.06  | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| SAF 600                 | 0.03          | 0.23  | 1.58  | 0.28 | 0.19 | 0.65 |
| SAF 300                 | 0.06          | 0.40  | 3.30  | 0.51 | 0.27 | 1.40 |
| SAF 200                 | 0.09          | 0.52  | 5.55  | 0.93 | 0.39 | 2.18 |
| SAF 100                 | 0.17          | 1.10  | 10.50 | 1.66 | 0.69 | 4.36 |

<sup>1)</sup>NS : Nutrient Solution (dS.m<sup>-1</sup>), EM : Effective Microorganisms (Dilution factor), SAF : Seafood Amino acid Fertilizer (Dilution factor).

리한 생육을 각각 조사하였으며, 모주의 건물중, 생육변화, 무기성분 함량, 그리고 상토의 이화학적 특성을 조사하였다. 생육조사 및 무기함량 분석요령은 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준(RDA, 2003)에 준하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 모주의 건물중

모주 잎의 건물중은 양액 NS(단용), NS + EM(혼용) 처리 시 모두 NS 0.8(관행)이 포함된 처리에서 가장 높은 증가율을 나타내었다. NS 1.6은 가장 낮은 증가율을 나타냈으며, NS 단용처리 보다 EM 500배 혼용처리 시 NS 0.4, NS 0.8 및 NS 1.6 처리는 각각 11.6%, 15.8%, 10.2% 증가하였다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리는 SAF 300배에서 가장 높은 증가율을 나타냈고, SAF 100배는 가장 낮았으며, SAF 300배의 증가율은 SAF 100배 보다 30.9% 높았다.

본 실험 결과를 볼 때 모주 잎의 건물중은 양액(NS) 단용보다 유용미생물(EM) 혼용 처리하거나 양액 농도 0.8>0.4>1.6 순서일 때 모주 잎의 건물중이 증가하였다. 해양부산물 아미노산액비는 희석배수 300>600>200

>100배 순서로 모주 잎의 건물중이 증가하였으며, 추비 종류에 따른 모주 잎의 건물중 증가는 SAF > NS + EM > NS로 나타났다. 본 실험에서 추비의 농도 및 희석배수가 적정범위(NS 0.8, SAF 300) 또는 양액(NS) 단용보다는 유용미생물(EM) 500배 혼용처리 시 잎의 건물중이 증가하는 경향을 보였다. 식물의 잎은 광합성을 통해 고분자 유기물을 합성·생산하여 그 일부를 호흡작용에 의해서 소비하고 나머지는 식물성장에 사용하기 때문에 엽 건물중은 생장의 중요한 지표물로 활용되어 왔다 (Choi 와 Yoo, 1978).

#### 3.2. 모주의 생육변화

모주의 관부굵기, 초장, 엽장, 엽폭, 엽병장 및 엽수는 양액 NS(단용), NS + EM(혼용)처리 시 모두 NS 0.8(관행)이 포함된 처리에서 가장 높은 증가율을 나타냈다. 특히 관부굵기는 NS 단용처리 보다 EM 500배 혼용처리 시 NS 0.4, NS 0.8 및 NS 1.6 처리에서 각각 5.9%, 7.3%, 5.3% 증가하였다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리는 SAF 300배에서 가장 높은 증가율을 나타냈고, 관부굵기는 SAF 300배가 SAF 100배 보다 15.7% 컸다 (Table 3).

**Table 2.** Dry weight of mother plant leaves before and after additional fertilizing

| Treatment <sup>1)</sup> | Dry weight (g)                          |  | B/A(%)       |
|-------------------------|---|--|--------------|
|                         | Before fertilizing <sup>2)</sup><br>(A) | After fertilizing <sup>3)</sup><br>(B) |              |
| NS 0.4                  | 5.62±1.17                               | 6.81±1.20                              | 121.14±4.73  |
| NS 0.8                  | 4.23±0.99                               | 5.44±1.21                              | 128.61±5.52  |
| NS 1.6                  | 5.40±0.95                               | 6.47±0.74                              | 119.81±9.98  |
| NS 0.4 + EM500          | 5.06±0.99                               | 6.72±0.98                              | 132.81±7.78  |
| NS 0.8 + EM500          | 4.19±0.79                               | 6.05±1.05                              | 144.39±8.32  |
| NS 1.6 + EM500          | 4.70±0.97                               | 6.11±0.75                              | 130.00±15.24 |
| SAF 600                 | 4.23±0.86                               | 6.39±1.00                              | 151.06±10.46 |
| SAF 300                 | 4.45±0.75                               | 7.15±1.15                              | 160.67±16.18 |
| SAF 200                 | 4.74±0.95                               | 6.33±0.80                              | 133.54±11.76 |
| SAF 100                 | 4.44±1.20                               | 5.76±1.27                              | 129.73±6.70  |

<sup>1)</sup>NS : Nutrient Solution (dS.m<sup>-1</sup>), EM : Effective Microorganisms (Dilution factor), SAF : Seafood Amino acid Fertilizer (Dilution factor).

<sup>2)</sup>Before fertilizing±SD (Not additional fertilizing treatment during 110 days after planting).

<sup>3)</sup>After fertilizing±SD (Additional fertilizing treatment of 10 sessions in 30 days).

**Table 3.** Growth changes of mother plants before and after additional fertilizing

| Items                  | Treatment <sup>1)</sup> | Before fertilizing <sup>2)</sup><br>(A) | After fertilizing <sup>3)</sup><br>(B) | B/A(%)    |
|------------------------|-------------------------|---|--|-----------|
| Crown diameter<br>(mm) | NS 0.4                  | 15.7±2.9                                | 18.1±3.3                               | 115.3±5.8 |
|                        | NS 0.8                  | 16.8±3.2                                | 20.0±2.2                               | 119.0±6.3 |
|                        | NS 1.6                  | 17.4±2.1                                | 19.7±3.3                               | 113.2±5.8 |
|                        | NS 0.4 + EM500          | 17.5±2.9                                | 21.2±2.9                               | 121.1±5.3 |
|                        | NS 0.8 + EM500          | 17.1±3.9                                | 21.6±3.2                               | 126.3±4.9 |
|                        | NS 1.6 + EM500          | 19.4±3.3                                | 23.0±2.2                               | 118.6±5.9 |
|                        | SAF 600                 | 18.1±2.2                                | 22.1±3.2                               | 122.1±6.3 |
|                        | SAF 300                 | 17.0±3.3                                | 22.2±3.9                               | 130.6±5.3 |
|                        | SAF 200                 | 16.1±2.9                                | 19.3±2.8                               | 119.9±5.9 |
| SAF 100                | 18.1±3.3                | 20.8±3.8                                | 114.9±5.3                              |           |
| Plant height<br>(cm)   | NS 0.4                  | 20.2±3.9                                | 25.0±3.3                               | 123.8±5.9 |
|                        | NS 0.8                  | 20.1±3.3                                | 25.9±3.9                               | 128.9±4.8 |
|                        | NS 1.6                  | 22.5±2.2                                | 26.9±3.3                               | 119.6±5.3 |
|                        | NS 0.4 + EM500          | 20.9±2.8                                | 26.5±2.2                               | 126.8±4.9 |
|                        | NS 0.8 + EM500          | 21.3±3.8                                | 28.4±3.3                               | 133.3±5.8 |
|                        | NS 1.6 + EM500          | 22.1±3.2                                | 26.7±2.9                               | 120.8±5.3 |
|                        | SAF 600                 | 20.4±2.2                                | 26.8±3.3                               | 131.4±5.8 |
|                        | SAF 300                 | 20.6±3.3                                | 28.5±3.9                               | 138.3±5.3 |
|                        | SAF 200                 | 20.5±2.8                                | 25.8±3.2                               | 125.9±5.9 |
| SAF 100                | 22.7±3.3                | 27.4±2.2                                | 120.7±5.3                              |           |
| Leaf length<br>(cm)    | NS 0.4                  | 8.2±1.9                                 | 8.9±3.3                                | 108.5±6.3 |
|                        | NS 0.8                  | 8.4±2.9                                 | 9.2±1.3                                | 109.5±5.8 |
|                        | NS 1.6                  | 8.9±1.9                                 | 9.5±3.7                                | 106.7±4.8 |
|                        | NS 0.4 + EM500          | 9.7±3.3                                 | 10.8±1.9                               | 111.3±5.3 |
|                        | NS 0.8 + EM500          | 8.9±1.9                                 | 10.4±3.3                               | 116.9±5.9 |
|                        | NS 1.6 + EM500          | 10.3±3.3                                | 11.0±2.9                               | 106.8±6.3 |
|                        | SAF 600                 | 8.6±2.9                                 | 9.9±2.2                                | 115.1±4.8 |
|                        | SAF 300                 | 9.5±2.2                                 | 11.2±1.9                               | 117.9±5.3 |
|                        | SAF 200                 | 8.9±1.9                                 | 9.8±2.9                                | 110.1±4.8 |
| SAF 100                | 9.7±3.3                 | 10.4±2.2                                | 107.2±6.3                              |           |
| Leaf width<br>(cm)     | NS 0.4                  | 6.3±1.9                                 | 7.0±1.9                                | 111.1±4.8 |
|                        | NS 0.8                  | 6.5±3.3                                 | 7.4±3.3                                | 113.8±5.3 |
|                        | NS 1.6                  | 7.1±2.9                                 | 7.7±2.9                                | 108.5±4.8 |
|                        | NS 0.4 + EM500          | 6.8±2.2                                 | 7.6±2.2                                | 111.8±6.3 |
|                        | NS 0.8 + EM500          | 6.6±1.6                                 | 7.7±1.9                                | 116.7±5.3 |
|                        | NS 1.6 + EM500          | 6.4±1.9                                 | 7.1±3.7                                | 110.9±5.9 |
|                        | SAF 600                 | 6.0±3.3                                 | 7.0±3.3                                | 116.7±6.3 |
|                        | SAF 300                 | 6.8±2.9                                 | 8.3±2.9                                | 122.1±4.8 |
|                        | SAF 200                 | 7.7±2.2                                 | 8.6±2.2                                | 111.7±5.8 |
| SAF 100                | 6.6±1.9                 | 7.3±1.9                                 | 110.6±5.3                              |           |

| Items                    | Treatment <sup>1)</sup> | Before fertilizing <sup>2)</sup><br>(A) | After fertilizing <sup>3)</sup><br>(B) | B/A(%)    |
|--------------------------|-------------------------|---|--|-----------|
| Petiole length<br>(cm)   | NS 0.4                  | 12.0±3.3                                | 16.2±3.3                               | 135.0±8.8 |
|                          | NS 0.8                  | 11.8±2.1                                | 16.7±2.9                               | 141.5±4.8 |
|                          | NS 1.6                  | 13.6±1.6                                | 17.4±3.3                               | 127.9±6.1 |
|                          | NS 0.4 + EM500          | 11.1±3.9                                | 15.7±3.7                               | 141.4±5.3 |
|                          | NS 0.8 + EM500          | 12.3±3.3                                | 18.0±3.3                               | 146.3±7.3 |
|                          | NS 1.6 + EM500          | 11.8±3.3                                | 15.6±2.9                               | 132.2±6.1 |
|                          | SAF 600                 | 11.7±2.1                                | 16.9±3.2                               | 144.4±5.3 |
|                          | SAF 300                 | 11.1±2.9                                | 17.2±3.9                               | 155.0±8.8 |
|                          | SAF 200                 | 11.6±1.6                                | 16.1±3.3                               | 138.8±4.8 |
|                          | SAF 100                 | 13.1±3.3                                | 17.0±2.9                               | 129.8±5.3 |
| Number of leaves<br>(ea) | NS 0.4                  | 12.8±2.9                                | 16.4±3.3                               | 128.1±6.1 |
|                          | NS 0.8                  | 13.7±1.6                                | 18.0±3.9                               | 131.4±7.3 |
|                          | NS 1.6                  | 13.9±3.2                                | 17.1±3.6                               | 123.0±6.3 |
|                          | NS 0.4 + EM500          | 15.3±3.2                                | 21.5±2.8                               | 140.5±4.8 |
|                          | NS 0.8 + EM500          | 14.0±2.1                                | 20.7±3.3                               | 147.9±8.8 |
|                          | NS 1.6 + EM500          | 14.8±1.6                                | 20.2±3.9                               | 136.5±5.3 |
|                          | SAF 600                 | 15.0±3.9                                | 21.5±3.3                               | 143.3±6.1 |
|                          | SAF 300                 | 13.4±3.2                                | 20.4±3.7                               | 152.2±6.3 |
|                          | SAF 200                 | 14.1±3.3                                | 18.9±3.9                               | 134.0±7.3 |
|                          | SAF 100                 | 14.6±2.2                                | 18.0±3.3                               | 123.3±6.1 |

<sup>1)</sup>NS : Nutrient Solution (dS.m<sup>-1</sup>), EM : Effective Microorganisms (Dilution factor), SAF : Seafood Amino acid Fertilizer (Dilution factor).

<sup>2)</sup>Before fertilizing±SD (Not additional fertilizing treatment during 110 days after planting).

<sup>3)</sup>After fertilizing±SD (Additional fertilizing treatment of 10 sessions in 30 days).

상기와 같은 결과는 추비의 농도, 희석배수 및 종류에 따른 모주의 건물중 증가와 비슷한 경향을 보였고, 관부 굵기가 증가함에 따라 초장, 엽폭 및 엽수도 증가하는 경향을 나타냈다. 특히 모주의 생육에서 높은 증가율을 보인 해양부산물 아미노산액비(SAF)는 아미노산 흡수와 연관성이 있는 것으로 판단된다. 추비의 농도에 따른 모주의 생육 감소에 대하여 Udagawa 등(1988)은 고농도의 배양액에서 딸기의 뿌리 생육 억제와 엽중 감소가 나타난다고 하였고, Kim 등(1999)은 양액의 EC 농도가 높일수록 토양 내 염류농도가 증가하여 수량감소가 예상됨을 보고하였다. Kang 과 Chae(2005)에 의하면 모주의 관부 굵기는 자묘의 발생과 묘 소질을 결정하는 중요한 요소이므로 비료농도에 민감한 딸기에 있어서 배양액 조성이 매우 중요하다고 하였다.

따라서 본 실험 결과를 딸기 육묘에 적용 할 경우 유용 미생물(EM), 해양부산물 아미노산액비(SAF) 등 친환경 농자재 사용의 기준설정 및 간접 지표로 활용 될 수 있다고 판단하였다.

### 3.3. 모주의 무기성분 함량

Table 4에 나타낸 모주 잎의 무기성분 함량에서 황을 제외한 총 질소, 유효인산, 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 양액 NS(단용), NS + EM(혼용)처리 시 모두 NS 0.8(관행)이 포함된 처리에서 가장 높은 증가율을 나타냈다. 특히 총 질소는 NS 단용처리 보다 EM 500배 혼용처리 시 NS 0.4, NS 0.8 및 NS 1.6이 각각 3.1%, 6.0%, 4.5% 증가하였다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리는 SAF 300배에서 가장 높은 증가율을 나타냈고, SAF 100배는 가장 낮았다.

**Table 4.** Mineral elements content of mother plant leaves before and after additional fertilizing

| Consti-<br>tuents | Treatment <sup>1)</sup> | Before<br>fertilizing <sup>2)</sup> (A) | After<br>fertilizing <sup>3)</sup> (B) | B/A (%)     | Consti-<br>tuents | Treatment      | Before<br>fertilizing (A) | After fertilizing<br>(B) | B/A (%)     |
|-------------------|-------------------------|---|--|-------------|-------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|-------------|
| T-N<br>(%)        | NS 0.4                  | 0.77±0.12                               | 0.90±0.05                              | 116.88±5.85 | Ca<br>(%)         | NS 0.4         | 0.43±0.05                 | 0.55±0.15                | 127.91±4.23 |
|                   | NS 0.8                  | 0.79±0.11                               | 0.96±0.12                              | 121.52±4.23 |                   | NS 0.8         | 0.39±0.12                 | 0.53±0.12                | 135.90±5.21 |
|                   | NS 1.6                  | 0.81±0.13                               | 0.91±0.10                              | 112.35±5.21 |                   | NS 1.6         | 0.45±0.12                 | 0.56±0.11                | 124.44±5.62 |
|                   | NS 0.4 + EM500          | 0.80±0.05                               | 0.96±0.15                              | 120.00±5.62 |                   | NS 0.4 + EM500 | 0.32±0.11                 | 0.44±0.13                | 137.50±4.85 |
|                   | NS 0.8 + EM500          | 0.80±0.02                               | 1.02±0.05                              | 127.50±4.85 |                   | NS 0.8 + EM500 | 0.38±0.13                 | 0.54±0.05                | 142.11±4.23 |
|                   | NS 1.6 + EM500          | 0.89±0.17                               | 1.04±0.12                              | 116.85±5.25 |                   | NS 1.6 + EM500 | 0.27±0.05                 | 0.37±0.02                | 137.04±5.21 |
|                   | SAF 600                 | 0.89±0.09                               | 1.09±0.11                              | 122.47±3.89 |                   | SAF 600        | 0.35±0.02                 | 0.47±0.17                | 134.29±5.62 |
|                   | SAF 300                 | 0.84±0.15                               | 1.09±0.13                              | 129.87±4.85 |                   | SAF 300        | 0.34±0.17                 | 0.49±0.09                | 144.12±4.85 |
|                   | SAF 200                 | 0.83±0.05                               | 0.99±0.05                              | 119.28±5.85 |                   | SAF 200        | 0.25±0.09                 | 0.33±0.15                | 132.00±5.25 |
| SAF 100           | 0.90±0.12               | 1.03±0.02                               | 114.44±4.85                            | SAF 100     | 0.36±0.02         | 0.44±0.05      | 122.22±3.89               |                          |             |
| P<br>(%)          | NS 0.4                  | 0.18±0.10                               | 0.20±0.17                              | 112.22±5.25 | Mg<br>(%)         | NS 0.4         | 0.19±0.15                 | 0.32±0.12                | 168.42±5.85 |
|                   | NS 0.8                  | 0.19±0.15                               | 0.23±0.09                              | 122.04±4.23 |                   | NS 0.8         | 0.17±0.05                 | 0.35±0.11                | 205.88±4.85 |
|                   | NS 1.6                  | 0.20±0.12                               | 0.21±0.15                              | 108.72±5.21 |                   | NS 1.6         | 0.24±0.12                 | 0.34±0.13                | 141.67±4.23 |
|                   | NS 0.4 + EM500          | 0.18±0.11                               | 0.23±0.05                              | 127.22±5.62 |                   | NS 0.4 + EM500 | 0.18±0.11                 | 0.31±0.05                | 172.22±5.21 |
|                   | NS 0.8 + EM500          | 0.17±0.13                               | 0.23±0.12                              | 134.12±4.85 |                   | NS 0.8 + EM500 | 0.14±0.13                 | 0.34±0.02                | 242.86±5.62 |
|                   | NS 1.6 + EM500          | 0.19±0.05                               | 0.24±0.10                              | 125.67±5.25 |                   | NS 1.6 + EM500 | 0.23±0.05                 | 0.34±0.17                | 147.83±4.85 |
|                   | SAF 600                 | 0.18±0.02                               | 0.24±0.15                              | 132.77±3.89 |                   | SAF 600        | 0.17±0.02                 | 0.37±0.09                | 217.65±4.23 |
|                   | SAF 300                 | 0.18±0.17                               | 0.24±0.05                              | 136.36±5.85 |                   | SAF 300        | 0.15±0.17                 | 0.39±0.15                | 260.00±5.21 |
|                   | SAF 200                 | 0.18±0.09                               | 0.23±0.12                              | 130.00±4.85 |                   | SAF 200        | 0.18±0.09                 | 0.34±0.05                | 188.89±5.62 |
| SAF 100           | 0.18±0.05               | 0.21±0.11                               | 118.75±5.25                            | SAF 100     | 0.27±0.15         | 0.35±0.15      | 129.63±4.85               |                          |             |
| K<br>(%)          | NS 0.4                  | 0.50±0.12                               | 0.51±0.13                              | 102.00±4.23 | S<br>(%)          | NS 0.4         | 0.11±0.05                 | 0.15±0.05                | 138.96±5.25 |
|                   | NS 0.8                  | 0.47±0.10                               | 0.53±0.05                              | 112.77±5.21 |                   | NS 0.8         | 0.10±0.02                 | 0.16±0.12                | 163.00±3.89 |
|                   | NS 1.6                  | 0.54±0.12                               | 0.54±0.02                              | 100.00±5.62 |                   | NS 1.6         | 0.08±0.12                 | 0.14±0.11                | 167.86±4.23 |
|                   | NS 0.4 + EM500          | 0.42±0.11                               | 0.51±0.17                              | 121.43±4.85 |                   | NS 0.4 + EM500 | 0.08±0.11                 | 0.12±0.13                | 145.00±5.21 |
|                   | NS 0.8 + EM500          | 0.45±0.13                               | 0.56±0.09                              | 124.44±4.23 |                   | NS 0.8 + EM500 | 0.10±0.13                 | 0.15±0.05                | 153.68±4.23 |
|                   | NS 1.6 + EM500          | 0.37±0.05                               | 0.44±0.02                              | 118.92±5.21 |                   | NS 1.6 + EM500 | 0.09±0.05                 | 0.15±0.02                | 160.22±5.21 |
|                   | SAF 600                 | 0.46±0.02                               | 0.60±0.10                              | 130.43±5.62 |                   | SAF 600        | 0.08±0.02                 | 0.15±0.17                | 181.48±5.62 |
|                   | SAF 300                 | 0.41±0.17                               | 0.55±0.15                              | 134.15±4.85 |                   | SAF 300        | 0.09±0.17                 | 0.15±0.09                | 175.00±4.85 |
|                   | SAF 200                 | 0.40±0.09                               | 0.50±0.05                              | 125.00±5.25 |                   | SAF 200        | 0.08±0.09                 | 0.15±0.05                | 188.46±5.25 |
| SAF 100           | 0.54±0.02               | 0.58±0.02                               | 107.41±3.89                            | SAF 100     | 0.08±0.02         | 0.15±0.02      | 192.21±3.89               |                          |             |

<sup>1)</sup>NS : Nutrient Solution (dS.m<sup>-1</sup>), EM : Effective Microorganisms (Dilution factor), SAF : Seafood Amino acid Fertilizer (Dilution factor).

<sup>2)</sup>Before fertilizing±SD (Not additional fertilizing treatment during 110 days after planting).

<sup>3)</sup>After fertilizing±SD (Additional fertilizing treatment of 10 sessions in 30 days).

상기와 같은 결과는 추비의 농도, 희석배수 및 종류에 따른 모주의 건물중 증가와 유사한 경향을 나타냈다. Choi 등(2000)은 여분을 반축성 재배에서 지상부 전체의 건물중 기준으로 질소(N) 함량이 0.97% 이상일 때 최대 생육을 보였고, 0.80% 이하 또는 1.05% 이상일 때 생육이 억제된다고 하였다. Barea(1993)는 대부분 작물에서 정상생육을 위한 인 함량은 건물중 기준으로 0.2-0.5%이며, 0.2% 이하일 때 생육이 억제된다고 하였다. 또한 Bould 등(1983)은 딸기의 지상부 건물중 기준으로 칼륨(K) 함량이 1.0-2.0%일 때 정상적인 생육을 하였고, Jang 등(2009)은 딸기 여봉에서 칼슘(Ca)은 1.06% 이상일 때 양호한 생육을 보고하였다. 본 실험에서 처리별 모주의 무기성분 결핍증상은 적었으며, 특히 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리의 질소(N) 함량은 높은 증가율을 나타냈다. 이와 같은 결과는 해양부산물 아미노산액비(SAF)의 경우 질소 함량은 적지만 유리아미노산 형태로 뿌리에서 직접 흡수하기 때문에 낮은 에너지(당, ATP, 미네랄 등)로도 질소의 이용 효율을 높였을 것으로 판단하였으며, 좀 더 면밀한 구멍이 필요한 부분이라고 생각하였다. 고 농도 추비 시 식물체 내 무기함량이 낮아지는 원인은 Hannan(1998)이 보고한 상토의 삼투포텐셜 저하에 따른 수분 흡수량 저하, 특정 무기성분이 과다 집적, 길항작용 및 세포 내 수분포텐셜 저하 등으로 구분할 수 있다. 따라서 고온기 높은 양액농도는 뿌리의 갈변을 증가시키고 근 활력을 낮추어 생육에 부정적인 영향을 줄 것으로 판단하였다.

### 3.4. 상토의 이화학적 특성

Table 5에서 배양액(NS, NS + EM) 처리 상토의 pH는 추비 전까지 상승하다가 추비 후 감소하는 경향을 보였다. 총 질소, 유효인산, 칼슘, 마그네슘 및 전기전도도(EC)는 추비 전까지 감소하다가 추비 후 증가하는 경향을 보였으며, 칼륨과 황은 추비 후까지 감소하는 경향이 있었다.

배양액(NS) 단용처리 보다 유용미생물(EM) 500배 혼용처리 시 상토 내 각 성분의 증감을 폭은 낮아졌으며, NS 0.8 처리가 가장 뚜렷한 변화를 보였다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리의 pH는 추비 전까지 상승하다가 추비 후 감소하는 경향이었고, 총 질소, 유효인산, 칼슘, 마그네슘, 황 및 전기전도도(EC)는 추비 전까지 감소

하다가 추비 후 증가하는 경향을 보였다. 추비의 희석배수가 높거나 낮을수록 상토 내 각 성분의 증감을 폭은 커졌고, SAF 300배 처리의 증감이 가장 낮았다. 추비 종류에 따른 토양의 이화학적 특성에서 pH는 NS + EM > NS > SAF 순 이었고, 총 질소, 유효인산 및 마그네슘은 NS > NS + EM > SAF, 칼륨, 칼슘 및 황은 SAF > NS > NS + EM 순 이었다.

Kim 등(2006)은 딸기재배 토양의 pH는 관행적으로 관수량이 많은 정식초기에 상승하고 시간이 경과하거나 관수량을 줄여줄 때 낮아진다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 관수량과 관계없이 정식 후 110일 동안 추비 사용을 하지 않았던 원인으로 pH가 상승하였다고 판단되며, 양이온의 흡수량이 증가되면 토양 pH가 낮아진다(Marschner, 1995)는 보고와 유사한 결과를 보였다. 또한 해양부산물 아미노산액비 처리에서 배양액 처리보다 pH가 낮았는데, 이는 근권에서  $\text{NH}_4\text{-N}$ 의 흡수량이 많아지면  $\text{H}^+$ 가 다량으로 방출되어 pH는 낮아진다(Choi, 1998)는 보고와 관련지어 볼 때 해양부산물 아미노산액비는  $\text{NH}_4\text{-N}$  형태로 이루어진 아미노산 비료에 기인된 원인으로 판단하였다. 모주에 사용된 추비의 농도가 증가함에 따라 상토 내 EC도 높아지는 경향으로써, 질소함량은 토양의 전기전도도에 가장 큰 영향을 미친다는 보고(Nakaimara, 2004)가 이를 뒷받침하고 있다. 추비사용 후 상토 내 무기함량 집적이 양액(NS) 단용보다 NS + EM 혼용처리에서 낮아졌던 원인은 유용미생물(EM)이  $\text{NH}_4^+$ 와 EM내 유기산과 결합하여 아미드과정으로 전환되었기 때문으로 판단하였다.

## 4. 결론

모주 잎의 건물중은 양액 NS(단용), NS + EM(혼용) 처리 시 모두 NS 0.8(관행)이 포함된 처리에서 가장 높은 증가율을 나타냈다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리는 SAF 300배에서 증가율이 가장 높았다. 모주의 관부굵기(직경), 초장, 엽장, 엽폭, 엽병장 및 엽수는 양액 NS(단용), NS + EM(혼용)처리 시 모두 NS 0.8(관행)이 포함된 처리에서 가장 높은 성장량을 보였다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리는 SAF 300배에서 가장 높은 성장량을 보였고, SAF 100배는 가장 저조하였다. 무기성분 중 황을 제외한 총 질소, 유효인산, 칼륨,

**Table 5.** Physiochemical properties of bed soil before and after additional fertilizing

| Consti-tuents | Treatment <sup>1)</sup> | Before fertilizing <sup>2)</sup><br>(A) | After fertilizing <sup>3)</sup><br>(B) | B/A (%)     | Consti-tuents  | Treatment      | Before fertilizing<br>(A) | After fertilizing<br>(B) | B/A (%)     |
|---------------|-------------------------|---|--|-------------|--|----------------|---------------------------|--------------------------|-------------|
| pH<br>(1:5)   | NS 0.4                  | 6.94±0.05                               | 6.73±0.05                              | 96.97±0.02  | Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>(mg/kg <sup>-1</sup> ) | NS 0.4         | 121.30±0.11               | 133.70±0.11              | 110.22±0.02 |
|               | NS 0.8                  | 7.44±0.04                               | 6.82±0.02                              | 91.67±0.08  |  | NS 0.8         | 122.80±0.13               | 128.40±0.13              | 104.56±0.08 |
|               | NS 1.6                  | 7.15±0.07                               | 6.99±0.08                              | 97.76±0.05  |  | NS 1.6         | 123.50±0.05               | 138.70±0.05              | 112.31±0.05 |
|               | NS 0.4 + EM500          | 7.06±0.05                               | 6.83±0.04                              | 96.74±0.02  |  | NS 0.4 + EM500 | 120.60±0.11               | 130.30±0.02              | 108.04±0.02 |
|               | NS 0.8 + EM500          | 7.17±0.02                               | 6.91±0.07                              | 96.37±0.08  |  | NS 0.8 + EM500 | 123.60±0.13               | 123.50±0.11              | 99.92±0.11  |
|               | NS 1.6 + EM500          | 7.15±0.08                               | 7.04±0.08                              | 98.46±0.04  |  | NS 1.6 + EM500 | 121.60±0.05               | 135.50±0.13              | 111.43±0.08 |
|               | SAF 600                 | 7.22±0.04                               | 6.32±0.04                              | 87.53±0.07  |  | SAF 600        | 126.40±0.11               | 127.90±0.11              | 101.19±0.05 |
|               | SAF 300                 | 7.18±0.07                               | 6.27±0.02                              | 87.33±0.08  |  | SAF 300        | 125.40±0.13               | 122.10±0.13              | 97.37±0.02  |
|               | SAF 200                 | 7.21±0.04                               | 5.78±0.08                              | 80.17±0.04  |  | SAF 200        | 122.30±0.05               | 130.10±0.05              | 106.38±0.08 |
| SAF 100       | 7.16±0.07               | 6.09±0.04                               | 85.06±0.07                             | SAF 100     | 128.50±0.02  | 138.00±0.11    | 107.39±0.05               |                          |             |
| T-N<br>(%)    | NS 0.4                  | 0.86±0.09                               | 1.13±0.11                              | 131.40±0.13 | NS 0.4   | 0.42±0.11      | 0.36±0.03                 | 85.71±0.02               |             |
|               | NS 0.8                  | 0.87±0.08                               | 1.11±0.13                              | 127.59±0.05 | NS 0.8   | 0.59±0.03      | 0.32±0.05                 | 54.24±0.03               |             |
|               | NS 1.6                  | 0.85±0.04                               | 1.16±0.05                              | 136.47±0.11 | NS 1.6   | 0.46±0.05      | 0.31±0.02                 | 67.39±0.08               |             |
|               | NS 0.4 + EM500          | 0.88±0.02                               | 1.12±0.11                              | 127.27±0.08 | NS 0.4 + EM500   | 0.48±0.02      | 0.31±0.03                 | 64.58±0.05               |             |
|               | NS 0.8 + EM500          | 0.86±0.11                               | 1.08±0.08                              | 125.58±0.13 | NS 0.8 + EM500   | 0.45±0.03      | 0.25±0.03                 | 55.56±0.02               |             |
|               | NS 1.6 + EM500          | 0.89±0.13                               | 1.17±0.04                              | 131.46±0.05 | NS 1.6 + EM500   | 0.47±0.08      | 0.25±0.03                 | 53.19±0.08               |             |
|               | SAF 600                 | 0.86±0.05                               | 1.10±0.02                              | 127.91±0.11 | SAF 600  | 0.55±0.05      | 0.23±0.05                 | 41.82±0.05               |             |
|               | SAF 300                 | 0.81±0.02                               | 1.03±0.05                              | 127.16±0.08 | SAF 300  | 0.45±0.11      | 0.28±0.02                 | 62.22±0.02               |             |
|               | SAF 200                 | 0.85±0.11                               | 1.11±0.02                              | 130.59±0.04 | SAF 200  | 0.50±0.03      | 0.41±0.05                 | 82.00±0.03               |             |
| SAF 100       | 0.86±0.13               | 1.15±0.11                               | 133.72±0.13                            | SAF 100     | 0.59±0.05  | 0.56±0.03      | 94.92±0.08                |                          |             |
| Ca<br>(%)     | NS 0.4                  | 1.19±0.05                               | 1.56±0.13                              | 131.09±0.08 | NS 0.4   | 0.08±0.01      | 0.07±0.01                 | 90.00±0.01               |             |
|               | NS 0.8                  | 1.24±0.02                               | 1.54±0.05                              | 124.19±0.04 | NS 0.8   | 0.09±0.01      | 0.08±0.05                 | 89.66±0.02               |             |
|               | NS 1.6                  | 1.22±0.11                               | 1.50±0.04                              | 123.95±0.05 | NS 1.6   | 0.07±0.01      | 0.08±0.01                 | 115.28±0.02              |             |
|               | NS 0.4 + EM500          | 1.17±0.04                               | 1.51±0.08                              | 129.06±0.02 | NS 0.4 + EM500   | 0.09±0.02      | 0.08±0.01                 | 84.44±0.01               |             |
|               | NS 0.8 + EM500          | 1.14±0.05                               | 1.49±0.05                              | 130.70±0.08 | NS 0.8 + EM500   | 0.09±0.01      | 0.08±0.05                 | 87.64±0.02               |             |
|               | NS 1.6 + EM500          | 1.26±0.02                               | 1.45±0.02                              | 115.08±0.04 | NS 1.6 + EM500   | 0.08±0.01      | 0.08±0.02                 | 100.00±0.02              |             |
|               | SAF 600                 | 1.18±0.04                               | 1.62±0.11                              | 137.29±0.05 | SAF 600  | 0.06±0.01      | 0.05±0.02                 | 79.37±0.02               |             |
|               | SAF 300                 | 1.26±0.08                               | 1.59±0.04                              | 126.19±0.11 | SAF 300  | 0.09±0.02      | 0.08±0.01                 | 91.86±0.01               |             |
|               | SAF 200                 | 1.28±0.05                               | 1.48±0.05                              | 115.63±0.08 | SAF 200  | 0.07±0.01      | 0.08±0.01                 | 125.76±0.02              |             |
| SAF 100       | 1.24±0.02               | 1.57±0.11                               | 126.61±0.04                            | SAF 100     | 0.07±0.01  | 0.15±0.01      | 202.74±0.02               |                          |             |
| Mg<br>(%)     | NS 0.4                  | 0.68±0.11                               | 0.56±0.13                              | 82.35±0.05  | NS 0.4   | 0.32±0.01      | 0.58±0.01                 | 181.25±0.05              |             |
|               | NS 0.8                  | 0.54±0.13                               | 0.84±0.05                              | 155.56±0.02 | NS 0.8   | 0.29±0.02      | 0.56±0.02                 | 193.10±0.02              |             |
|               | NS 1.6                  | 0.62±0.05                               | 1.16±0.02                              | 187.10±0.11 | NS 1.6   | 0.34±0.01      | 0.68±0.01                 | 200.00±0.11              |             |
|               | NS 0.4 + EM500          | 0.75±0.02                               | 0.54±0.13                              | 72.00±0.08  | NS 0.4 + EM500   | 0.39±0.01      | 0.50±0.01                 | 128.21±0.13              |             |
|               | NS 0.8 + EM500          | 0.54±0.11                               | 0.71±0.05                              | 131.48±0.05 | NS 0.8 + EM500   | 0.38±0.05      | 0.52±0.01                 | 136.84±0.02              |             |
|               | NS 1.6 + EM500          | 0.58±0.13                               | 0.87±0.02                              | 150.00±0.11 | NS 1.6 + EM500   | 0.37±0.02      | 0.55±0.05                 | 148.65±0.13              |             |
|               | SAF 600                 | 0.62±0.11                               | 0.61±0.11                              | 98.39±0.08  | SAF 600  | 0.26±0.01      | 0.46±0.02                 | 176.92±0.05              |             |
|               | SAF 300                 | 0.58±0.13                               | 0.63±0.13                              | 108.62±0.05 | SAF 300  | 0.31±0.01      | 0.53±0.01                 | 170.97±0.02              |             |
|               | SAF 200                 | 0.68±0.05                               | 0.76±0.05                              | 111.76±0.02 | SAF 200  | 0.37±0.01      | 0.60±0.05                 | 162.16±0.11              |             |
| SAF 100       | 0.53±0.02               | 0.75±0.02                               | 141.51±0.11                            | SAF 100     | 0.41±0.02  | 0.63±0.02      | 153.66±0.13               |                          |             |

<sup>1)</sup>NS : Nutrient Solution (dS.m<sup>-1</sup>), EM : Effective Microorganisms (Dilution factor), SAF : Seafood Amino acid Fertilizer (Dilution factor).

<sup>2)</sup>Before fertilizing±SD (Not additional fertilizing treatment during 110 days after planting).

<sup>3)</sup>After fertilizing±SD (Additional fertilizing treatment of 10 sessions in 30 days).



칼슘 및 마그네슘은 양액 NS(단용), NS + EM(혼용)처리 시 모두 NS 0.8(관행)이 포함된 처리에서 가장 높은 증가율을 나타냈다. 특히 총 질소는 NS 단용처리 보다 EM 500배 혼용처리 시 NS 0.4, NS 0.8 및 NS 1.6이 각각 3.1%, 6.0%, 4.5% 증가하였다. 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리는 SAF 300배에서 가장 높은 증가율을 나타냈다. 배양액(NS, NS + EM) 처리의 상토 내 총 질소, 유효인산, 칼슘, 마그네슘 및 전기전도도(EC)는 추비 후 증가하는 경향을 보였으며, 해양부산물 아미노산액비(SAF) 처리도 유사하였다. 배양액(NS) 단용처리 보다 유용미생물(EM) 500배 혼용처리 시 상토 내 각 성분의 증감율의 폭이 낮아졌다.

### 감사의 글

이 논문은 2012년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 연구되었습니다.

### REFERENCES

- Barea, J. M., Salamanca, C. P., Herrera, M. A., 1993, Inoculation of woody legume, with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystem. *Appl Environ Microbiol*, 59, 129-133.
- Bould, C., E. J. Hewitt., P. Need ham., 1983, Diagnosis of mineral disorders in loants. Vol. 1. Principles. Her Majesty Stationery office, London.
- Choi, H. S., Yoo, H. S., 1978, The study on biomass production of kidney bean plants KH Univ, seoul. *Industry Science and Technology, Journal Issue.*, 6, 161-167.
- Choi S. H., Ahn, K. B., Park, S. W., Chang, J. I., 1998, Effect of Ionic Strength of Nutrient Solution on the Growth and Fruit Yield in Hydroponically Grown Strawberry Plants, *Kor. J. Soc. Hort. Sci.*, 39(2), 166-169.
- Choi, J. M., Chung, H. J., Choi, J. S., 2000, Physico-chemical properties of organic and inorganic materials used as container media, *Kor. J. Hort. Sci., Technol.* 18, 529-535.
- Flower, T. J., Troke, P. F., Yeo, A. R., 1977, The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol*, 28, 89-121.
- Hannan, J. J., 1998. *Greenhouse, Advanced technology for protected horticulture*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.
- Hika, T., 1991, *Agriculture and environmental conservation with Effective Microorganisms*, 1-56.
- Ju, I. O., Jung, G. T., Cheong, S. S., Moon, Y. H., Ryu, J., Choi, J. S., 2007, Effects of Chitosan, Grain Amino Acid and Wood Vinegar Foliar Spray on the Quality and Storability of Grapes(Campbell Early). *Korean Journal of Food Preservation.*, 14, 119-123.
- Jang, W. S., Kim, H. S., Kim, T. I., Nam, Y. G., 2009, Comparison of cultivars on production of runner and daughter plant in strawberry, *Kor. J. Hort. Sci., Technol.* 27(Supplement I D), Abstract 25.
- Kang, H. J., Chae, Y. S., 2005, Effects of mixed bed soil on root growth and early development of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *J. industrial Technology Res. Inst. Jinju Nat. Univ.*, 12,19-24.
- Kang, N. J., Kwon, J. K., Lee, J. H., Park, J. M., Rhee, H. C., Choi, Y. H., 2006, Glycine betaine Effects of Foliar Application of Glycine Betaine on the Growth and Contents of Osmolyte in Tomato Seedling. *Journal of Bio-Environment Control, Korea.*, 15(4), 390-395.
- Kim, K. J., Kim, S. K., 1999, Effects of Organic Matters Decomposed by Microbial Activity on Yield of Leaf Lettuce Under Protected Cultivation. 8(1), 131-138.
- Kim, Y. K., Lee, J. Y., Choi, B. R., Park, M. H., Kim, M. S., Jung, W. K., Kwak, H. K., 2006, NH<sub>3</sub> Occurrence and its Amelioration by low Temperature and high soil pH at cultivating Strawberry. *Korea Society of Soil Science and Fertilizer*.
- Marschner, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Nakaimara, C. S., 2004. *Management of water and nutrition in root substrate for pot plant production*. 3rd ed. Rural Culture Association Tokyo, Japan.
- Rhee, H. C., Lee, B. Y., Choi, T. H., Choi, Y. H., 2001, Physiological and anatomical characteristics of 2nd truss-limited tomatoes as affected by KCl or NaCl supplement to nutrient solution, *Kor. J. Soc. Hort. Sci.*, 42, 25-31.
- Rural Development Administration (RDA), 2003, *Agricultural science technique research investigation and analysis standard*, 4th ed. RDA, Suwon. Korea.

- Saikoku, K., T. S. Sanho., 1995, Nutritional physiology and fertilization of floral crops. Rural Culture Association. Tokyo, Japan.
- Udagawa, Y., C. Dogi, & 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. Sm.*, 29, 37-47.
- Yamaguchi, Y., 1989, Initiation mechanism on the salt tolerance of rice varieties, *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 60, 210-219.