

영양액의 이온농도와 배지내 천연토양의 함유량이 양액재배
분화장미의 생육과 수확 후 품질에 미치는 영향
Growth and Postharvest Quality of Hydroponic Pot Rose
'Silk Red' as Affected by Ionic Strength of Nutrient
Solution and Content of Natural Soil in Growing Substrate

조지영¹ · 하홍석² · 정병룡²

¹부산광역시농업기술센터

²경상대학교 농과대학 식물자원환경학부

¹Cho, J.Y. · ²Ha, H.S. · ²Jeong, B.R.

¹Busan Metropolitan City Agricultural Technology Center

²*Department of Horticulture, Division of Plant Resources and
Environment, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea*

서 언

국내 분화류의 생산면적은 2000년 현재 1,036.2ha이며 생산량은 연간 282,656천분, 그리고 생산액은 연간 268,498,990천원으로 추산되고 있다(2000년 화훼재배현황, 농업부). 이와 같은 국내 분화재배면적이 증가함에 따라 다양한 화종의 분화가 재배되고 있으며 화종에 따른 관수방법, 이용상토, 양액농도, 시비방법 등에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다(Lieth and Burger, 1989). 전근대적인 분화재배에서의 상토는 부엽토와 흙, 모래, 자갈을 혼합한 배지를 사용하였으나 현대에는 펄라이트, 질석 등과 같은 인공상토와 피트모스, 코코피트와 같은 소독된 유기물 상토를 적정비율로 혼합한 배지를 사용하고 있다(Fonteno, 1991). 이에 따른 적정 양분공급과 고품질 청정 원예산물의 생산을 위해 양액재배가 수반되어지고 있다. 분화재배시 적정농도의 양액공급은 식물생육을 촉진하고 수확후 품질향상에도 영향을 준다(Fonteno, 1991). 그러나 일반적인 재배에서는 적정농도보다 높은 양액을 공급하고 있으며, 이로인한 비료의 손실뿐 아니라 작물이 스트레스를 받는다(Epstein, 1972). 분화장미의 염류장해 증상으로는 생육불량, 엽과 꽃의 황화, 분지발생 감소 등이 있다(Hoagland and Arnon, 1950). 인공토양을 이용한 재배에서 수확 후 상품화된 생산물이 가정에 공급되어 소비자가 관리 재배할 경우 두상관수로 인한 배지 상부에서 집적된 염류의 하부로의 용탈로 심한 뿌리 스트레스를 받게되며 또한 양분과 미량원소의 결핍으로 인한 급속한 품질저하를 가져오게 된다(Reed, 1993). 이에 반해 자연토양은 미량원소의 공급 유무에 상관없이 양분 보유능력이 일반 인공상토보다 높다. 토양에는 완충능이 있고 양액을 공급할 때 식물에 미량원소가 공급되지만 상품화된 화분이 가정으로 보급되면 더 이상의 양분공급이 없다. 따라서 토양에는 미량원소가 함유되어 있으며, 생육기

에 잔류된 양액으로 공급된 미량원소를 잘 보유할 것이라 여겨진다. 또한 토양을 함유한 배지는 가비중이 상승해서 식물을 고정하기에 유리하여 지상부 볼륨이 큰 식물에 안정감을 줄 수 있다(Fonteno, 1991).

본 실험은 분화장미 양액재배에 있어 양액농도 및 배지내 천연토양 함량정도가 수확시 생육과 수확후 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었다.

재료 및 방법

본 실험은 경상대학교 원예생산공학실험실 부속온실과 환경조절 챔버내에서 2001년 4월 16일부터 6월 25일까지 실시하였다. 공시작물은 Miniature rose 'Silk Red'를 이용하였다. 실험에 사용된 개체는 2001년 3월 11일에 삼수를 채취 128구 트레이에 꽂아 mist번식상에서 15일간 삼목 하였다. 실험에 사용한 천연토양은 경상대학교 시험 포장내에서 채취한 토양을 110℃ 1.2 기압에서 30분간 증기 소독하여 사용하였고, 10cm 플라스틱 분을 사용하였다. 양액농도는 장미 양액조성표(Table 1.)를 기준으로 0.5, 1.0, 2.0배로 하였고, 상토는 시판 혼합상토(토실이 상토, (주)신안그로)에 천연토양을 부피 비로 0, 15, 30%를 혼합하여 사용하였다. 개체 수는 처리당 4반복 16주로 하여 3월 11일 삼목묘 중 균일한 개체를 선발하여 4월 17일 10cm 분에 정식 했다. 이식 후 관리는 매트릭 저면관수를 실시하였다. 5월 1일 본엽 3매를 남기고 적심하여 분지 3개만을 유인하고 나머지는 제거하였다. 초장 억제를 위해 적심 5일 후 paclobutrazol(Bonzi, Uniroyal chemical Co. Inc., U.S.A.) 10ppm을 화분당 2.5mL씩 살포하였다. 온실의 실험환경은 Fig. 2.에 나타내었다.

수확당시 생육조사 전에 개화된 장미를 반복당 7개체씩 2001년 5월 27일과 28일에 환경조절 챔버로 옮겼으며, 챔버내에서 28일 경과후인 2001년 6월 25일에 수확후 품질을 조사하였다. 환경조절 챔버내 환경은 일반 가정의 실내에서 관상하는 것과 비슷하게 온도 $21.0 \pm 5^\circ\text{C}$, 상대습도 $80 \pm 5\%$, 광도 $180 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$, 광주기 12시간을 조사했으며, 2~3일 간격으로 개별 화분에 수돗물을 두상관수 하였다.

수확기 성장량의 조사는 전처리구가 80%이상 개화한 5월 30일과 31일에 각 처리당 7개체를 선발하여 생체중, 건물중, 엽수, 엽면적, 초장, 봉오리수, 엽록소 농도, 성장지수, 뿌리수 및 최대근장을 측정하였다. 건물중은 생체중을 측정한 후 60℃의 항온건조기 내에서 72시간 건조한 직후에 측정하였다. 총엽록소 농도는 각 실험구에서 식물체의 잎을 채취하여 80%(v/v) 아세톤으로 추출하고 분광광도계(Unikon 922, Kotron Instruments, Italy)를 사용하여 645nm와 663nm에서의 흡광도를 측정한 후 아래의 식을 이용해 산출하였다(Arnon, 1949).

$$\text{엽록소 농도}(\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \text{fw}) = [(20.29 \times A_{645}) + (8.02 \times A_{663})] \times \frac{\text{아세톤량 (mL)}}{\text{생체중 (mg)}}$$

수확후 품질 조사는 환경조절 챔버내에 들어가기 전의 화수와 성장지수를 조사하였고, 4주 경과후 화수, 개화정도, 황화잎, 황화꽃, 낙엽수, 낙화수, 꽃목굽음수, 성장지수를 조

사하였다. 개화정도는 Renate et al.(1998)의 방식을 기준으로 봉오리 생육단계에서 시들었을 때까지의 6단계로 구분하여 조사하였고 생장지수는 Donna et al.(1994)의 공식을 적용하여 산출하였다.

배지의 성분조사는 수확당시와 수확후(환경조절 챔버내에서 28일 경과후)로 구분하여 화분 바닥높이의 2/3지점에서 각각 샘플을 채취후 pH와 EC를 측정하고, 측정한 시료는 배지내 무기양분의 변화조사를 위해 전처리하여 음이온(Cl^- , NO_3^- , PO_4^- , SO_4^{2-})과 양이온(Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})을 Ion chromatography (DX-500, Dionex, USA)로 분석하였다.

측정된 결과는 SAS(Statistical Analysis System, v. 6.01, Cary, NC, USA)프로그램을 이용해 통계분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

가. 수확시 생육

각 처리에 대한 수확시 생육조사 결과 줄기직경, 초장, 최대근장, 근수에는 유의 차가 없었다. 봉오리수는 양액 농도에 관계없이 천연 토양 함유율이 30%일 때가 높게 나타났으며, 엽수는 양액의 농도가 낮을수록 많았다. 엽록소 농도는 처리농도 및 천연 토양 함유율 모두 각각 유의성이 인정되었으며, 처리농도와 천연 토양 함유율간의 유의성은 없었다. 엽록소 농도는 0.5배액과 2.0배액에서 높게 나타났고, 천연토양 함유율에 따라서는 천연 토양 함유량이 많을수록 높았다(Table 2). 이는 천연토양이 함유하고 있던 미량원소의 작용으로 봉오리수의 증가 및 엽록소의 농도가 증가한 것으로 사료된다.

지상부 생체중과 건물중 모두 천연 토양 함량이 높을수록 증가했으며, 양액농도에 대한 유의성은 인정되지 않았다. 지하부 생체중은 1.0배액 농도에서 가장 좋았으며, 천연 토양 함량에 따른 유의성은 없었다. 반면 지하부 건물중은 양액농도가 증가함에 따라 유의적으로 커졌고, 천연 토양 함량에 따른 유의성은 인정되지 않았다. 전체 건물중과 생체중은 천연 토양 함량과 양액농도가 증가할수록 높았으나 서로간의 유의성은 없었다. 양액농도 및 천연 토양 함량에 따른 처리별 T/R율은 농도가 낮을수록 그리고 천연 토양 함량이 많을수록 높았다. 건물율은 양액농도 2배액에서 가장 높게 나타났으며 천연 토양 함량에 따른 유의차는 없었다(Table 3).

양액의 농도 수준과 천연 토양의 함유에 따른 수확시 'Silk Red' 분화장미의 생육은 큰 차이는 없었으나 천연 토양 함량이 증가할수록 더 봉오리수가 많고 엽색이 짙어져 천연 토양 함량이 높을 때 외관이 더 좋게 나타났으며 양액의 농도에서는 1배액에서 건물중과 생체중이 가장 높았고 2배액에서 건물율이 가장 높아 양액의 농도가 짙어질수록 광합성이 많았음을 나타낸다.

나. 수확후 품질

수확 후 생장 조절실에 28일동안 관리한 후의 분화장미 'Silk Red'의 품질조사 결과는

다음과 같다. 꽃수는 처리간의 유의차가 없어 수확시 천연 토양 함량이 30%에서 꽃수가 많았던 결과와 달랐다. 이는 환경조절 챔버내에서 천연 토양이 함유된 처리에서는 생육이 부진했던 것으로 여겨진다. 엽록소 농도는 천연토양이 30% 함유된 처리에서 높게 나타났다. 개화단계별 꽃수는 전체적으로 시든 상태인 6단계의 0.5배액에서 가장 많았고 나머지 단계에서는 큰 유의차가 없었다(Table 4). 양액농도 0.5배액은 꽃목굽음수와 황화한 꽃의 수가 1.0배와 2.0배액에 비해 확연히 많이 나타났다(Fig. 2, 3). 꽃목굽음은 개화기가 가까울 무렵 윗부분의 꽃목이 꺾이는 경우인데, 이는 윗부분 꽃대가 단기간에 자라 연약해져 꺾여지기 쉬운 상태로 되어 발생한다(Renate, 1998). 본 실험에서는 개화된 상태에서 챔버내 28일간 양액의 공급을 중단한 상태에서 조사한 것이라 미량 원소중 붕소에 의한 결핍증상으로 판단된다(Knauss, 1988). 0.5배액의 양액농도 처리는 1.0배액이나 2.0배액의 처리보다 수확 후 양분부족에 의한 품질저하로 나타난 결과이다. 개체별 황화엽의 수와 낙엽수는 양액농도가 증가할수록 심하였으며, 0.5배액과 1.0배액 보다 2.0배액에서 2배정도 많았다(Fig. 3). 이는 수분공급이 충분한 재배환경과 다르게 제한된 수분공급과 집적된 염류장해로 판단된다(Choi and Lee, 1995). 잎황화의 발생원인은 바이러스, 마그네슘, 칼슘, 그리고 아연 결핍 등의 여러 가지 이유가 있지만 여기에선 염류집적 또는 배지 건습의 급변화로 뿌리장해에 의한 결과로 판단된다. 수확후 천연 토양 함량에 따른 품질변화에 관한 유의성은 없었다(Fig 3).

생체중은 0.5배액과 1.0배액보다 2.0배액 처리구에서 지하부 생체중과 총 생체중이 현저하게 작았으며 이는 수확당시 0.5배액에서 가장 작았던 결과와 비교해 볼 때 과다한 양액농도로 인한 염류장해 증상이 재배과정에서는 나타나지 않았으나, 수확후 환경조절 챔버내에서 제한된 물의 두상관수에 의해 야기됐음을 알 수 있다. 건물중은 지상부, 지하부, 총 건물중 모두 유의차가 없었다. T/R율은 농도가 높을수록 높았으며, 천연 토양 함량에 따른 유의차는 없었다. 양액농도에 대한 건물율은 양액농도가 증가할수록 높았으며, 천연 토양 함량이 높은 처리구에서 건물율이 높은 경향을 보였다(Table 5).

처리별 성장지수의 수확당시 조사 결과는 양액농도에 따른 유의성이 인정되었으며, 양액농도 1.0배액, 그리고 천연토양이 30%함유된 처리에서 21.05cm로 가장 높은 값으로 측정됐다. 성장 조절실에서 28일 경과후의 성장지수는 양액농도 1.0배액과 2.0배액에서 높았으며, 0.5배액에서는 저조했다(Table 6).

다. 배지의 성분 변화

수확시 배지내 pH에 대한 조사 결과는 양액농도 0.5배액에서 대체로 높게 나타났으며, 1.0배액과 2.0배액에서는 천연 토양 함량이 많을수록 pH가 낮았으며, 양액농도 2.0배액 그리고 천연 토양 함량이 30% 포함된 처리구에서 5.74의 pH값으로 가장 낮았다(Fig 4). 모든 처리구의 pH 범위는 5.74~6.84로 식물체에 장해를 주는 정도는 아니었으나 인공배지의 경우 pH가 6.5보다 높은 경우 Fe, Mn 등의 결핍증상이 발생할 수 있으므로 수시로 pH를 측정하여 6.5이하로 조절하는 것이 필요하다(Bunt, 1998). 양액농

도별 EC는 수확시 농도가 증가할수록 증가하여 1.0배액과 2.0배액에서는 천연 토양 함량이 증가할수록 EC도 함께 증가하였다(Fig. 5). 이는 저면관수시 양액농도가 증가함에 따라 배지내 무기염의 집적이 많아진다는 Choi와 Lee(1995)의 결과와 일치한다. 또한 28일 경과 후의 배지내 EC도 양액농도가 높을수록 천연 토양 함량이 많을수록 배지내 무기염의 축적이 증가되는 경향을 보였다.

수확당시 배지내 무기염으로서 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , H_2PO_4^- , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} 이온함량을 측정하였다. 분석결과 양액의 농도가 증가함에 따라 배지내 함량도 증가하였으며, NH_4^+ , H_2PO_4^- , K^+ 을 제외한 이온은 천연 토양 함량의 증가에 따라 수치가 함께 증가하는 경향을 보였다. H_2PO_4^- , K^+ 이온은 앞의 이온들과는 반대로 천연 토양 함량이 증가함에 따라 감소하였다(Fig. 6, 7). 생장 조절실에서 28일 경과 후의 배지내 무기이온의 함량에서 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H_2PO_4^- , Ca^{2+} 이온은 양액농도의 증가에 따라 배지내 함량도 증가하였으며, NH_4^+ 와 K^+ 이온을 제외한 나머지 이온은 천연 토양 함량에 대한 유의성도 크게 나타나 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} 은 천연 토양 함량의 증가에 따라 배지내 함량도 증가하였으며 H_2PO_4^- 은 뚜렷이 감소하는 경향을 보였다(Fig. 5, 6).

요약 및 결론

분화 장미 'Silk Red'의 저면 관수 재배에서 수확시 양액농도 및 배지내 천연토양을 함유한 대한 결과는 엽면적과 엽수가 양액농도 0.1배액에서 가장 좋았고 봉오리수, 엽록소 농도는 천연토양이 15%와 30% 함유된 처리에서 높게 나타나 분화장미 저면관수 양액재배에 적절한 농도는 1.0배로 나타났으며, 천연토양 15%와 30% 함유한 배지를 사용한 양액재배에서도 수확시 생육은 인공상토만을 사용한 장미와 큰 차이가 없었으며 오히려 지상부의 생육이 더 좋게 나타났다.

그러나 각 처리에 따른 수확 후(환경조절 챔버내 28일 관리) 품질조사와 배지의 성분 조사에는 처리별 유의차가 있었다. 0.5배액에서는 꽃목굽음과 엽의 황화가 심하였고 시든꽃의 수가 많아 양분부족에 의한 시들음이 가속화된 것으로 판단되며, 2.0배액에서는 낙엽과 꽃의 황화가 심하여 품질저하가 심하여 1.0배액에서 전체적인 품질이 가장 좋았다. 천연 토양 함유량에 따른 유의성은 인정되지 않았다. 수확시와 수확후의 배지내 성분조사에서는 양액농도가 증가함에 따라 EC값이 높아졌으며 배지내 천연 토양 함유량의 증가에 따라서도 EC값이 높아지는 경향을 보였다. 이는 무기이온의 분석결과에서도 유사한 경향을 보였다.

이상으로 분화장미 양액재배에서 수확시 생육과 수확후의 품질에 대한 결과로 미루어 볼 때 영양액의 농도가 1.0배액에서 가장 좋았다. 배지내 천연토양의 함유는 수확시 지상부의 생육을 좋게하여 대체배지로 활용가치를 보여주었으나 수확후 배지내 엽의 축적을 조장하였으므로 재배단계에서의 공급영양액의 농도조절과 출하전 두상관수에 의한 염류제거 등의 노력이 필요할 것으로 여겨진다.

인용문헌

- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.
- Bunt. A. C. 1988 Media and mixes for container grown plants. pp. 79-89 Unwin Hyman. London.
- Choi, J.M. and C.W. Lee. 1995. Effects of irrigation methods, nutrient concentrations and media on salt accumulation in media, growth and flowering of easter lilies. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:715-724
- Donna C. Fare, Charles H. Gilliam, Gary J. Keever, and John W. Olive. 1994. Cyclic Irrigation reduces container leachate nitrate-nitrogen concentration. HortScience 29:1514-1517
- Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Fonteno, W.C. 1991. A common misconception about media. N.C. Comm. Flower Glowers' Bull. 36: 1-4.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water - culture method for growing plants without soil. Univ. of Calf. Ag. Exp. Sta. Circular 347.
- Knauss, J.F. 1988. Managing crop nutritional stress. Greenhouse Grower. Vol. 6(10) September.
- Lieth, J.H. and D.W. Burger. 1989. Growth of chrysanthemum using an irrigation system controlled by soil moisture tension. J. Amer. soc. Hort. Sci. 114:387-392
- Long, H.J. 1994. Variation associated with testing procedures for pH and electrical conductivity of soilless potting media. HortScience. 29:502.
- Reed, W.D. 1993. General horticulture laboratory manual Edina, Minn: Burgess International Group, Inc.
- Renate, M.A., S. Andersen, and M. SereK. 1998. Differences in display life of miniature potted roses. Sci. Hortic. 76:59-71

Table 1. The chemicals and their concentrations used in the nutrient solution for the culture of pot rose.

Formula	Nutrient solution strength ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)		
	0.5 S	1.0 S	2.0 S
Macro-element			
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	383.50	767.00	1,534.00
$\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	123.00	246.00	492.00
KNO_3	171.70	343.40	686.80
NH_4NO_3	40.00	80.00	160.00
KH_2PO_4	81.60	163.20	326.40
K_2SO_4	21.75	43.50	87.00
Micro-element			
Fe-EDTA	7.50	15.00	30.00
H_3BO_3	0.70	1.40	2.80
$\text{MnSO}_4\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.05	2.10	4.20
$\text{Na}_2\text{MoO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.06	0.12	0.24
$\text{ZnSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22	0.44	0.88

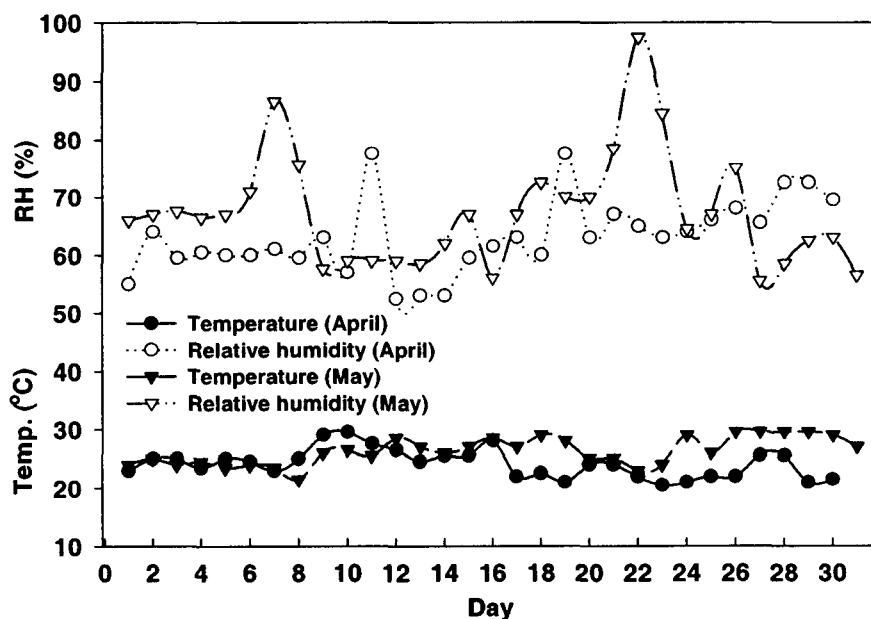


Fig. 1. Mean temperature and relative humidity in the greenhouse from April 1, 2001 to May 31, 2001 during cultivation of pot rose 'Silk Rose'.

Table 2. Vegetative growth at harvest of hydroponic pot rose 'Silk Red' as affected by ionic strength of nutrient solution and content of natural soil in growing medium.

Nutrient solution (A)	Content of natural soil (% B)	Bud count	Leaf count	Leaf area (cm ²)	Stem diameter (cm)	Stem length (cm)	Root length (cm)	Root count	Chlorophyll (µg·mg ⁻¹ fw)
0.5 S	0	4.57	24.53	60.89	0.32	42.34	18.89	10.89	5.47
	15	4.96	23.36	67.61	0.31	43.72	20.03	12.00	6.34
	30	5.82	23.82	69.11	0.34	43.75	19.73	10.96	6.63
1.0 S	0	5.04	23.25	67.73	0.32	44.40	20.11	10.93	5.09
	15	5.25	21.75	77.81	0.31	43.95	20.50	11.75	5.76
	30	5.36	22.50	76.14	0.33	46.18	20.58	11.96	5.78
2.0 S	0	4.79	22.00	55.76	0.32	43.21	19.56	11.89	5.48
	15	4.93	22.68	57.40	0.32	43.31	20.26	11.61	5.89
	30	5.14	22.61	61.55	0.31	44.33	20.45	10.57	5.86
LSD _{0.05}		0.41	0.98	6.34	0.02	1.56	0.74	0.97	0.30
A		NS	**	***	NS	NS	NS	NS	**
B		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	***
A×B		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $P=0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 3. Fresh and dry weights, T/R ratio, and % dry matter at harvest of hydroponic pot rose 'Silk Red' as affected by ionic strength of nutrient solution and content of natural soil in growing medium.

Nutrient solution (A)	Content of natural soil (% B)	Fresh wt. (mg)			Dry wt. (mg)			T/R ratio	Dry matter (%)
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total		
0.5 S	0	6.09	3.66	9.75	1.42	0.34	1.75	5.23	17.92
	15	7.76	3.65	11.41	1.86	0.32	2.18	6.81	19.06
	30	7.87	3.73	11.60	1.75	0.35	2.10	6.03	18.11
1.0 S	0	7.43	4.08	11.51	1.76	0.37	2.13	5.72	18.50
	15	7.49	4.40	11.88	1.75	0.39	2.13	5.53	17.94
	30	8.09	4.18	12.27	1.94	0.38	2.31	6.28	18.80
2.0 S	0	6.76	4.08	10.84	1.71	0.43	2.14	4.98	19.80
	15	7.22	4.19	11.41	1.84	0.43	2.27	5.27	19.87
	30	7.49	3.94	11.43	1.98	0.44	2.42	5.53	21.18
LSD _{0.05}		0.54	0.29	0.70	0.15	0.02	0.16	0.41	0.84
A		NS	**	*	NS	**	**	**	***
B		**	NS	**	*	NS	**	**	NS
A×B		NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS

NS, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $P=0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 4. Quality of hydroponic pot rose 'Silk Red' at 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution and content of natural soil in growing medium.

Nutrient solution (A)	Content of natural soil (% B)	Flower count	Chlorophyll ($\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{fw}$)	Flower count (stage 1-6 ^z)					
				1	2	3	4	5	6
0.5 S	0	7.0	2.79	0.6	0.4	0.4	3.3	0.7	1.4
	15	6.5	2.86	0.6	0.2	0.5	3.0	1.0	0.9
	30	6.8	3.39	1.1	0.1	0.2	2.9	0.6	1.7
1.0 S	0	6.4	3.01	1.1	0.1	0.4	3.9	0.7	0.1
	15	6.8	3.19	1.0	0.3	0.7	3.6	0.6	0.7
	30	7.4	3.21	1.0	0.3	0.4	3.9	0.8	0.8
2.0 S	0	6.3	2.97	0.9	0.2	0.2	3.6	0.8	0.3
	15	6.4	3.15	0.7	0.2	0.8	3.5	0.7	0.4
	30	6.8	3.08	0.4	0.1	1.1	3.4	0.8	0.8
LSD _{0.05}		0.5	0.22	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.3
A		NS	NS	*	NS	NS	*	NS	***
B		NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	**
A×B		NS	NS	*	NS	*	NS	NS	NS

^z1, tight bud; 2, half-open bud; 3, open flower; 4, incipient senescence; 5, senescent flower; and 6, totally wilted flower.

NS, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $P=0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 5. Fresh and dry weights, T/R ratio, and % dry matter of hydroponic pot rose 'Silk Red' at 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution and content of natural soil in growing medium.

Nutrient solution (A)	Content of natural soil (% B)	Fresh wt. (mg)			Dry wt. (mg)			T/R ratio	Dry Matter (%)
		Shoot	Root	Total	Shoot	Root	Total		
0.5 S	0	9.03	4.04	13.07	1.92	0.42	2.34	5.52	17.85
	15	8.74	4.11	12.85	1.89	0.42	2.30	5.57	17.87
	30	8.62	3.83	12.45	1.92	0.40	2.32	5.82	18.59
1.0 S	0	9.16	4.39	13.55	1.89	0.42	2.31	5.47	17.05
	15	9.10	4.74	13.84	1.85	0.45	2.29	5.15	16.53
	30	9.37	4.19	13.55	2.06	0.44	2.50	5.74	18.45
2.0 S	0	7.82	3.72	11.54	1.89	0.40	2.24	5.56	19.49
	15	8.98	3.57	12.55	2.08	0.40	2.47	6.22	19.70
	30	8.63	3.46	12.09	1.98	0.40	2.38	5.94	19.75
LSD _{0.05}		0.66	0.24	0.80	0.14	0.03	0.16	0.29	0.16
A		NS	***	**	NS	NS	NS	*	***
B		NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
A×B		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS, *, **, ***: Nonsignificant or significant at $P=0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 6. Growth index of hydroponic pot rose 'Silk Red' as affected by ionic strength of nutrient solution and content of natural soil in growing medium at harvest and at 28 days after harvest.

Nutrient solution(A)	Content of natural soil (% B)	Growth index (cm) ²	
		At harvest	At 28 days after harvest
×0.5	0	18.6	19.6
	15	19.3	19.5
	30	19.3	19.5
×1.0	0	19.4	20.7
	15	19.3	20.1
	30	21.1	20.3
×2.0	0	19.9	20.4
	15	19.5	20.0
	30	19.4	20.2
LSD _{0.05}		0.5	0.7
A		**	*
B		NS	NS
A×B		**	NS

^zGrowth index = [height + width₁ + width₂ (perpendicular to width₁)]/3

NS, *, **: Nonsignificant or significant at $P=0.05$ or 0.01 , respectively.

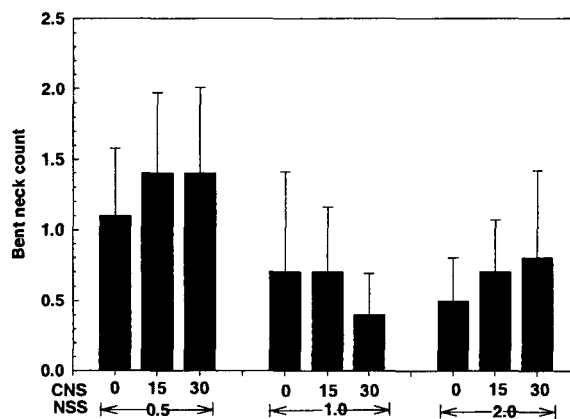


Fig. 2. Bent neck count of hydroponic pot rose 'Silk Red' at 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution (NSS) and content of natural soil (CNS) in growing medium.

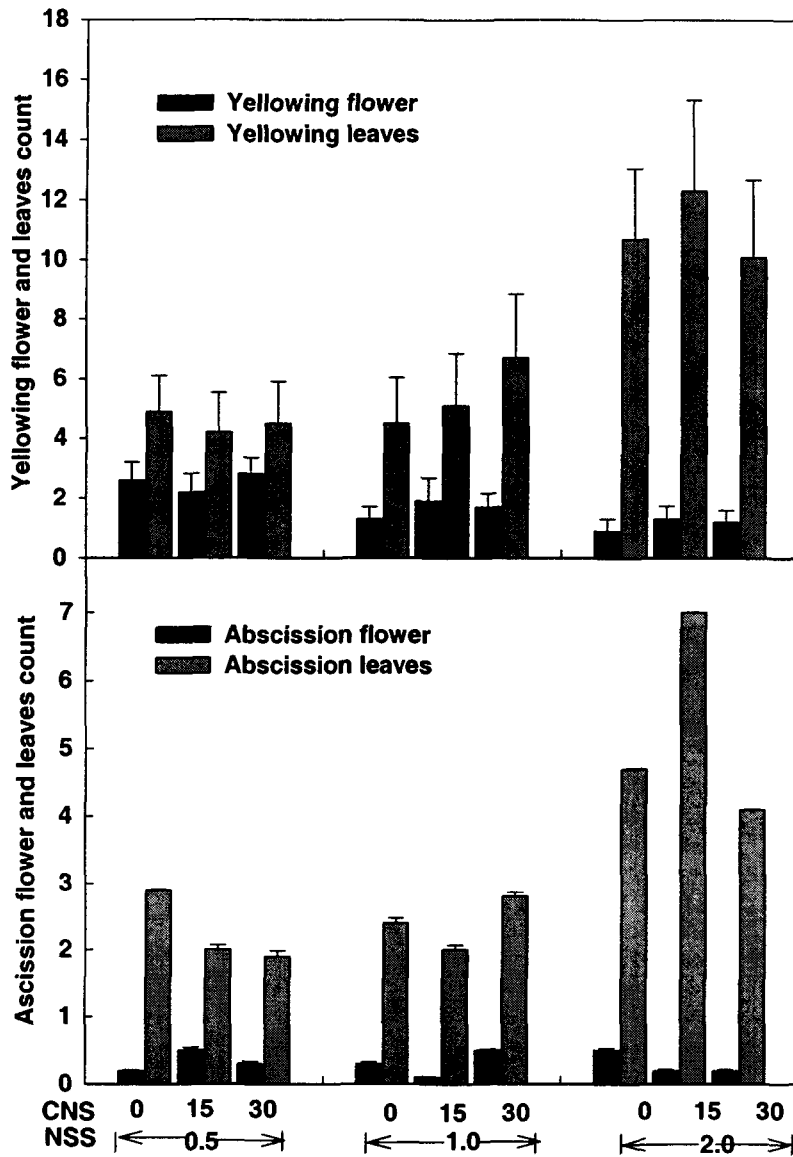


Fig. 3. Number of flowers and leaves showing yellowing and abscising of hydroponic pot rose 'Silk Red' at 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution (NNS) and content of natural soil (CNS) in growing medium.



Fig. 4. pH of root media of hydroponic pot rose 'Silk Red' at harvest and 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution (NNS) and content of natural soil (CNS) in growing medium.

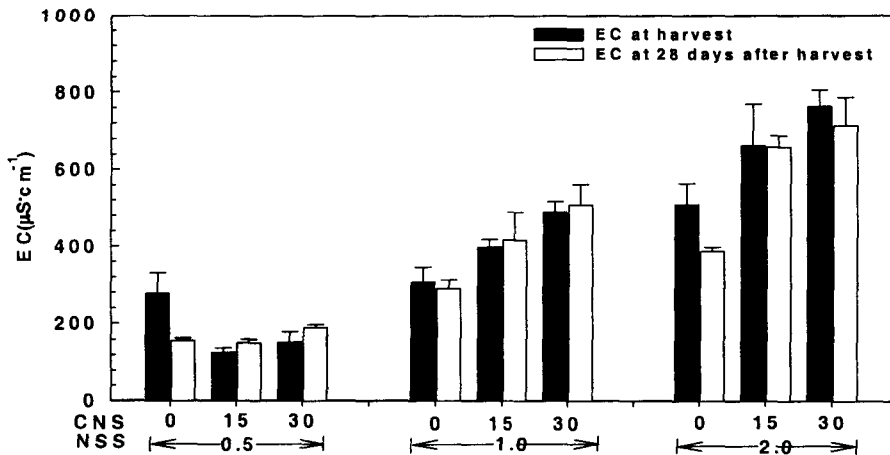


Fig. 5. EC of root media of hydroponic pot rose 'Silk Red' at harvest and 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution (NNS) and content of natural soil (CNS) in growing medium.

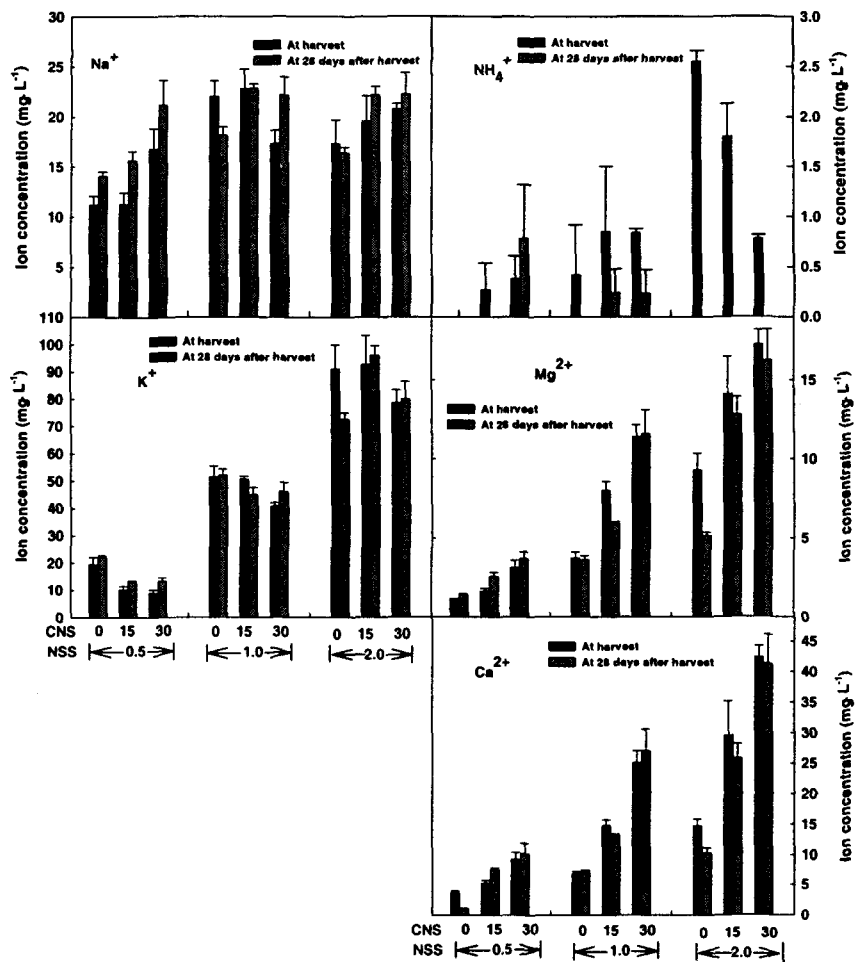


Fig. 6. Cation concentration properties of root media of hydroponic pot rose 'Silk Red' at harvest and 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution (NSS) and content of natural soil (CNS) in growing medium.

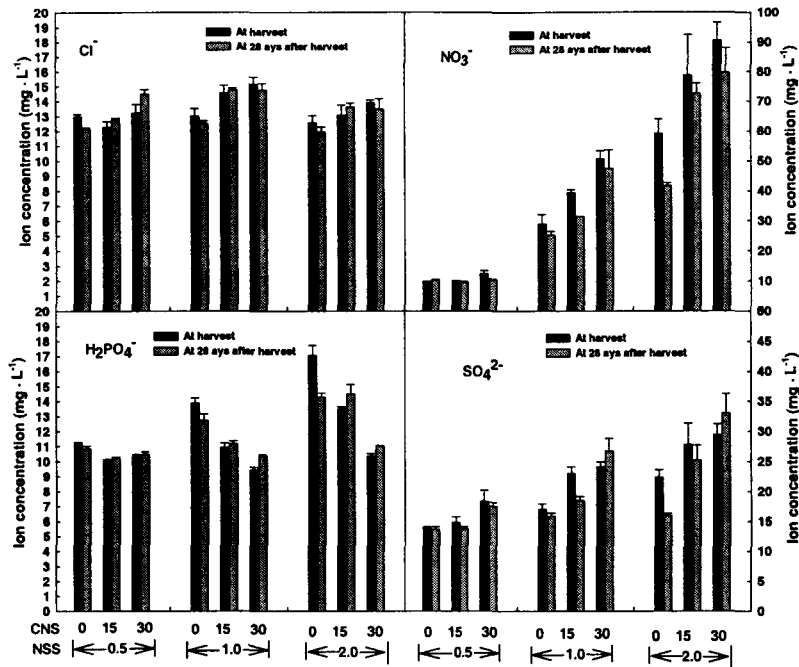


Fig. 7. Anion concentration properties of root media of hydroponic pot rose 'Silk Red' at harvest and 28 days after harvest as affected by ionic strength of nutrient solution (NNS) and content of natural soil (CNS) in growing medium.