

NFT 수경재배에서 양액 종류 및 삽수 크기가 고구마 바이러스 무병주 생육에 미치는 영향

유경란 · 이승엽* · 배종향

원광대학교 생명자원과학연구소

Effects of Nutrient Solution Composition and Cutting Size on Growth of Virus-free Sweet Potato Plant in Nutrient Film Technique

Kyoung-Ran Yoo, Seung-Yeob Lee*, and Jong-Hyang Bae

Institute of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

Abstract. To develop a technique for mass-propagation of virus-free sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] plant using nutrient film technique (NFT), the growth characteristics of 4 cultivars as affected by nutrient solution composition and cutting size were investigated. 72 cells (35 mL/cell) plug trays filled with vermiculite and perlite (1:1, v/v) were used. Vine length, fresh and dry weights of virus-free plants were the greatest in the nutrient solution recommended by National Horticultural Research Station in Japan, followed by that recommended by National Institute of Horticultural & Herbal Science in Korea, and Yamazaki's nutrient solution for lettuce. The growth of uppershoot cuttings was the best among 4 subsections of cutting. Vine length, and fresh and dry weights increased in the longer cutting treatments, and were better in 'Shinzami' and 'Yeonhwangmi' than those in 'Mannami' and 'Shincheonmi'. Vine diameter and length of the longest root were not significantly affected by the cutting size and cutting source. The growth characteristics of the single node cutting were not significantly different from those in 2-node cutting. The efficiency of rapid mass-propagation could be promoted with single node cuttings and uppershoot cuttings grown in NFT system.

Additional key words: cutting propagation, dry weight, fresh weight, *Ipomoea batatas*, vine growth

서 언

세계 7대 작물에 속하는 고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)는 중요한 전분작물로서, 덩이뿌리는 식용 및 바이오 에탄올 생산에 이용되며, 잎자루는 채소로 이용된다. 고구마는 각종 미네랄, 비타민류, 식이섬유를 비롯한 페놀화합물, 안토시아닌, 토코페롤 및 베타카로틴 등과 같은 항산화 물질이 풍부하여 항암작용과 노화방지, 비만억제 등의 기능성 식품으로서의 가치가 높다(Song et al., 2005; Teow et al., 2007).

국내 고구마 재배면적은 1965년 15만ha에 달하였으나 1970년대에 들어와 크게 감소하였고, 1995년 이후에는 완만한 증가추세를 보여 2010년 19,200ha에서 298,930톤이 생산되었다. 고구마 재배면적은 최근 충청남북도를 비롯한

경북지역에서 증가하고 있으며, 주산지는 여주, 해남, 익산, 논산 등으로 해남과 익산은 고구마 종순 생산단지로도 널리 알려져 있다(Lee et al., 2008). 그러나 대부분의 고구마 주산지에서 연작으로 인한 수량감소 및 품질저하가 문제점으로 나타나고 있다.

고구마는 영양번식작물로 바이러스 감염에 의한 수량감소와 품질저하를 초래하는데, 전세계적으로 15종 이상의 바이러스가 알려져 있다(Fauquet et al., 2005). 그 중 sweet potato feathery mottle viruses(SPFMV)는 전세계적으로 가장 심각한 피해를 주는 바이러스로 알려져 있으며, 국내에서도 15개 지역의 82샘플 중 SPFMV가 42.7%로 가장 높은 감염율을 보였고, sweet potato G virus(SPGV)가 18.3%, SPFMV + SPGV가 13.4%, 미동정 바이러스 감염율도

*Corresponding author: sylee@wku.ac.kr

※ Received 4 December 2011; Revised 9 August 2012; Accepted 13 August 2012. 이 논문은 2010학년도 원광대학교의 교비지원에 의하여 수행됨.

20.7%로 나타났다(Chung, 2008). 특히 국내 주요 고구마 주산지 지역의 바이러스 포장 발병율은 100%에 가까운 실정으로 조직배양 기술을 이용한 고구마 무병묘 육성 및 보급이 시급하다.

고구마 무병묘의 농가 보급에서 무엇보다도 중요한 것은 바이러스 재감염 방지와 자가증식 기술이다. 고구마 재배에서 본밭에 정식하기까지 소요되는 중순은 75cm × 20cm의 밀도로 재식할 경우 67,000주/ha로써 일시에 많은 수가 필요하다. 봄철(3-4월)에 농가에서 무병묘를 자가증식하여 사용하여야 하므로, 무병묘의 바이러스 재감염 방지를 위하여 선도농가를 중심으로 시설 내에서 수경재배를 하는 것이 바람직하다. 수경재배는 토경재배 방식보다 생육기간을 단축시킬 수 있고, 생육에 적합한 양분관리로 건강한 종묘생산이 가능하며, 토양병해 및 연작장해가 없다는 장점이 있다(Burridge, 1992; Schwarz, 1995). 이에 따라 고구마 주산지별로 짧은 기간 동안 무병묘를 급속 대량 증식할 수 있는 수경재배 기술 개발이 필요한 실정이다.

본 연구는 수경재배를 이용한 고구마 바이러스 무병주의 대량증식 시스템을 확립하고, 농가 자체적으로 소규모 시설에서 연속적으로 무병주를 생산하기 위하여, 정단 분열 조직 배양 유래 바이러스 무병묘의 성장과 증식에 적합한 양액 종류와 삼수 크기를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 재배환경

‘맛나미’, ‘신천미’, ‘신자미’, ‘연황미’ 등 4품종의 정단 분열 조직 배양 유래의 바이러스 무병주를 마디배양을 통하여 기내 증식하였다. 바이러스 검정은 SPFMV, sweet potato leaf curl virus(SPLCV), SPGV에 대하여 Chung(2008)의 방법에 따라 RT-PCR로 수행하였다. 마디배양 4주 후 식물체가 5cm 크기로 자랐을 때, 펠라이트와 버미큘라이트를 1:1(v/v)로 혼합하여 채운 72공 플러그 트레이에 이식한 후, 20일간 배양한 20-25cm 크기의 무병 식물체를 재료로 이용하였다. 재배관리는 2010년 5월 11일부터 6월 7일까지 플라스틱 하우스에서 수행하였으며, 주간(오전 10시 - 오후 2시)에는 온도상승을 막기 위하여 알루미늄 차광막(50%)과 측창 및 천창을 이용하여 온도를 27-32°C로 유지하였다.

수경재배에 적합한 양액종류 선발

고구마 바이러스 무병주 생장에 적합한 양액 종류를 선발하기 위하여, ‘신천미’와 ‘연황미’의 바이러스 무병묘를 재료로 펠라이트와 버미큘라이트 혼합배지(1:1, v/v)를 채운

72공(35mL/cell) 플러그 트레이에, 전개엽 1매를 부착한 1마디삼수(4cm)와 줄기 정단 삼수(4cm)를 각각 삼목하였다. 높이 80cm 고정형 NFT 채널(120 × 300 × 10cm)에 플러그 트레이를 놓고, 30분 × 3회(9, 14, 19시)/일 5cm 높이로 저면 관수하여 재배하였다. 발근 촉진을 위하여 처음 3일간은 지하수를 공급하였고, 이후 한국원시배양액, 일본원시배양액 및 상추용 야마자키 배양액 등 3종류의 양액을 공급하였다. 양액 조성은 한국원시배양액 NO₃-N 14.0, NH₄-N 1.0, PO₄-P 3.0, K 6.0, Ca 8.0, Mg 4.0, SO₄-S 4.0me·L⁻¹(Park and Kim, 1998), 한국원시배양액 NO₃-N 16.0, NH₄-N 1.3, PO₄-P 4.0, K 8.0, Ca 8.0, Mg 4.0, SO₄-S 4.0me·L⁻¹(Park and Kim, 1998), 상추용 야마자키 배양액 NO₃-N 6.0, NH₄-N 0.5, PO₄-P 1.5, K 4.0, Ca 2.0, Mg 1.0, SO₄-S 1.0me·L⁻¹(Yamazaki, 1982)로 각각 조제하였으며, 1주 간격으로 새로운 배양액으로 교환하였다. 삼목 10일째부터 5일 간격으로 줄기의 길이신장을 조사하였고, 15, 20, 25일째의 줄기길이, 엽수, 생체중 및 건물중 등을 조사하였다.

삼수크기에 따른 품종 간 묘소질

바이러스 무병주의 대량증식에 적합한 삼수크기를 선발하고자, ‘맛나미’, ‘신천미’, ‘신자미’, ‘연황미’ 등 4품종의 무병주를 재료로, 전개엽 1매를 부착한 1마디(4cm), 2마디(6cm), 3마디(8cm) 삼수와 줄기 정단(4cm) 등 4종류의 삼수로 조제하여 이용하였다. NFT 방식 수경재배 시스템에서 펠라이트와 버미큘라이트(1:1, v/v) 혼합배지를 채운 72공(35mL/cell) 플러그 트레이에 하루 1마디가 충분히 상토에 묻히도록 삼목하였다. 재배관리는 양액 종류 선발시험과 같은 방법으로 실시하였으며, 삼목 후 10일째부터 5일 간격으로 줄기의 길이신장을 조사하였고, 20일째의 줄기, 엽수, 생체중 및 건물중 등을 조사하였다.

통계분석

시험구 배치는 완전임의배치 3반복으로 하여, 반복당 10개체의 생육특성을 조사하였다. 데이터 분석은 SAS 통계프로그램(statistical analysis system, V 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여, ANOVA(analysis of variance) 및 DMRT(Duncan's multiple range test) 분석으로 $p = 0.05$ 수준에서 각 처리 평균 간의 유의차를 비교하였다.

결과 및 고찰

수경재배를 위한 양액종류 선발

고구마 바이러스 무병주 생장에 적합한 양액 종류를 선발

하기 위하여, 한국원시배양액, 일본원시배양액 및 야마자키 상추배양액 등 3종류의 양액을 공급하여 생육특성을 조사한 결과, 4품종에서 모두 줄기신장은 일본원시배양액에서 가장 양호하였으며, 다음으로 한국원시배양액, 야마자키 상추배양액 순이었다. 1마디 삽수를 삽목하였을 때 20일까지는 줄기신장에 있어서 양액 종류 간에 유의한 차이를 보이지 않았으나, 25일째부터 일본원시배양액에서 다른 양액 조성 처리에 비해 유의하게 증가하였다(Fig. 1). 줄기 정단 삽수는 ‘연황미’의 경우 15일경부터, ‘신천미’는 20일경부터 야마자키 상추배양액에서보다 일본원시배양액에서 유의한 줄기신장 증가를 보였으며, 일본원시배양액과 한국원시배양액 간에는 유의한 차이를 보이지 않았다. Chung(2008)은 한국원시배양액을 이용한 고구마 무병주의 양액 재배에서 암면 + 펄라이트 배지에서보다 비료성분이 첨가된 원예용 상토 B($\text{NH}_4^+\text{-N}$ 60-90 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 180-230 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, P_2O_4 230-280 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, K_2O 60-100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, CEC 8-10 $\text{cmol}\cdot\text{L}^{-1}$) 배지에서 양호한 생육을 나타냈다고 하여, 배지특성과 비료함량이 중요한 것으로 보였다. 감자의 무병묘 증식을 위한 수정재배에서도 일본원시배양액 1/2 농도를 기본으로 0, 100, 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ KNO_3 를 첨가한 결과, 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ KNO_3 첨가 양액에서 줄

기신장이 가장 양호하게 나타났다고 하여(Ku et al., 2000), 질소함량이 높은 일본원시배양액에서 가장 양호한 생육을 나타낸 본 연구결과와 일치하였다. 그리고 고구마 무병묘 생육에 가장 적합한 질소원의 추가 및 질산태 질소와 암모니아태 질소의 적합 비율 등이 금후 검토되어야 할 것으로 보였다.

또한 25일째의 줄기신장은 1마디 삽수에서는 26.7-34.2cm, 줄기 정단 삽수에서는 37.7-44.1cm로 줄기 정단 삽수에서 월등히 높았다. 품종 간 줄기 신장은 ‘연황미’보다 ‘신천미’에서 높았다. 포장 삽목을 위한 중순 크기는 25-30cm 크기가 적당하므로(RDA, 2006), 줄기 정단 삽수는 20일, 1마디 삽수는 25일 정도 재배하면 본발에 정식이 가능한 크기로 자랐으며, 이러한 결과는 Chung(2008)이 고구마 무병주의 양액 재배에서 20일 간격 채묘가 적당하다고 한 결과와 일치하였다.

한편, 삽목 15일째의 생육특성을 조사한 결과, 삽수 종류와 품종에 따라 뿌리길이, 뿌리수, 생체중 및 건물중에서 유의한 차이를 보였다(Table 1). 삽수 종류별로는 뿌리수, 생체중 및 건물중 등이 정단 삽수에서 높았고, 뿌리길이는 1마디 삽수에서 길게 나타났다. 품종간에는 ‘연황미’보다 ‘신천

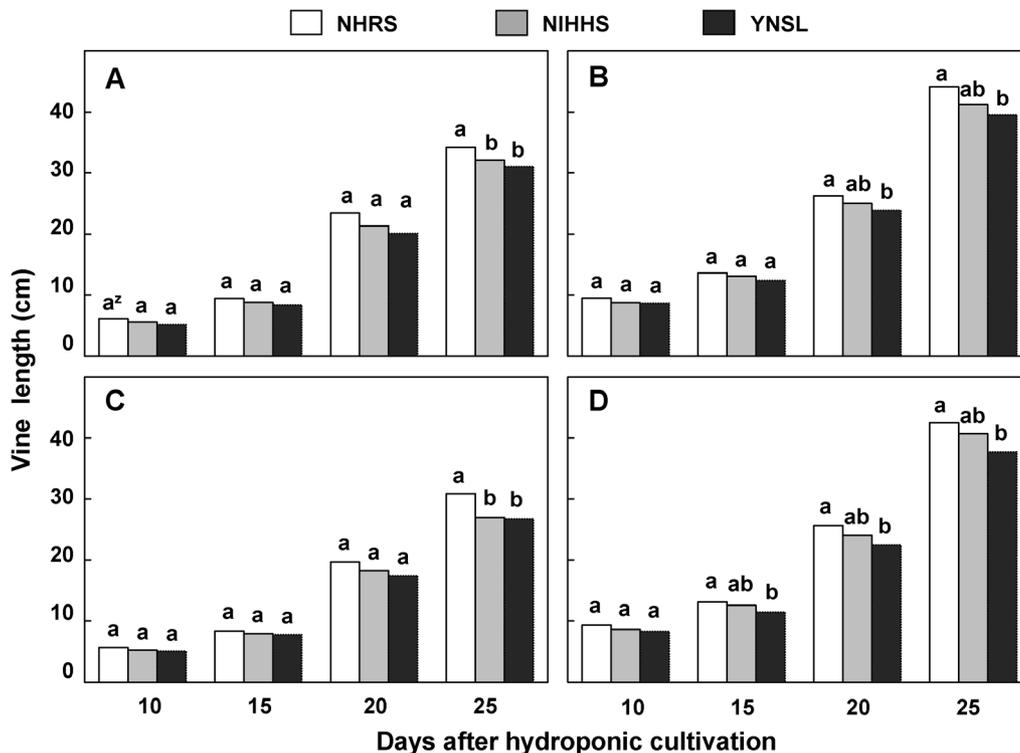


Fig. 1. Effects of cutting source and nutrient solution composition on vine length of virus-free sweet potato plant in NFT hydroponic cultivation. Single-node (A) and upper shoot (B) cuttings of ‘Shincheonmi’; Single node (C) and upper shoot (D) cuttings of ‘Yeonhwangmi’. NHRS, Nutrient solution recommended by National Horticultural Research Station in Japan; NIHHS, Nutrient solution recommended by National Institute of Horticultural & Herbal Science in Korea; YNSL, Yamazaki’s nutrient solution for lettuce. ²Different letters indicate significantly different values in nutrient solutions by DMRT at $P = 0.05$ ($n = 3$).

Table 1. Effects of cutting source and nutrient solution composition on growth of virus-free sweet potato plant measured at 15 days after NFT cultivation.

| Cultivar | Cutting source | Nutrient solution ^z | Vine diameter (mm) | No. of leaves/stem | Root length (cm) | No. of roots | Fresh wt. (g/plant) | Dry wt. (mg/plant) |
|------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------------|--------------------|
| Shincheonmi | 1-node | NHRS | 3.48 | 4.3 | 18.9 | 18.7 | 3.5 | 344 |
| | | NIHHS | 3.33 | 4.3 | 17.4 | 19.9 | 3.3 | 315 |
| | | YNSL | 3.53 | 3.9 | 18.4 | 17.9 | 3.2 | 304 |
| | Upper- shoot | NHRS | 3.50 | 4.8 | 14.7 | 22.7 | 4.2 | 401 |
| | | NIHHS | 3.44 | 4.6 | 13.1 | 19.5 | 4.0 | 384 |
| | | YNSL | 3.42 | 4.3 | 12.4 | 21.7 | 3.9 | 371 |
| Yeonhwangmi | 1-node | NHRS | 3.56 | 4.0 | 14.5 | 16.1 | 3.2 | 313 |
| | | NIHHS | 3.52 | 3.7 | 14.3 | 14.7 | 2.9 | 295 |
| | | YNSL | 3.49 | 3.5 | 13.7 | 15.1 | 2.8 | 278 |
| | Upper- shoot | NHRS | 3.51 | 4.5 | 15.2 | 23.1 | 3.9 | 391 |
| | | NIHHS | 3.48 | 4.3 | 12.4 | 17.3 | 3.7 | 368 |
| | | YNSL | 3.50 | 4.3 | 11.0 | 15.9 | 3.6 | 353 |
| Significance | | | | | | | | |
| Cultivar (C) | | | ns | ns | * | ** | *** | * |
| Cutting source (CS) | | | ns | ns | ** | ** | *** | *** |
| Nutrient solution (NS) | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C × CS | | | ns | ns | ns | ns | *** | * |
| C × NS | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CS × NS | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C × CS × NS | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

^zNHRS, Nutrient solution recommended by National Horticultural Research Station in Japan; NIHHS, Nutrient solution recommended by National Institute of Horticultural & Herbal Science in Korea; YNSL, Yamazaki's nutrient solution for lettuce.

ns, **, *** Nonsignificant or significant at $p = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively ($n = 3$).

미'에서 양호한 생육을 보였다. 그러나 15일경까지 양액 종류에 따른 줄기굵기, 잎수, 뿌리길이, 뿌리수, 생체중 및 건물중 등에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그 이유는 삼목 후 신초 발달 및 발근 속도에서 개체 간에 차이가 있었으며, 초기 생장에 중요한 뿌리수와 뿌리길이는 양액 종류보다는 삼수 종류와 품종에 따른 영향이 컸기 때문에, 삼목 후 15일경까지는 양액 종류의 영향이 제한적이었던 것으로 보였다. 삼목 25일째의 생육에서는 삼수 종류 및 양액 종류에 따른 유의한 차이를 보였으며, 두 품종 간에도 차이를 보였다(Table 2). 줄기굵기는 '신천미'의 줄기 정단 삼수에서만 일본원시배양액에서 유의한 증가를 보였을 뿐, 양액 종류에 따른 차이는 보이지 않았다. 줄기 굵기는 15일과 25일간에도 큰 차이를 보이지 않았는데, 이는 72공 플러그 트레이에서 밀식 재배되었기 때문으로 생각되었다. 줄기당 엽수는 '신천미'에서 1마디 삼수를 제외하고는 양액 종류와 삼수 부위 및 품종에 관계없이 유의한 차이가 없었다. 뿌리길이와 뿌리수는 양액 종류와는 유의성이 없었으며, 뿌리수는 삼수 종류에 따라 차이를 보였다. 생체중 및 건물중은 '연황미' 1마디 삼수를 제외하고는 일본원시배양액과 야마자키상추배양액 간에 유의한 차이를 보였다. 생체중 및 건물중

은 삼수 종류와 품종 간에도 유의한 차이를 보였는데, 2종류의 삼수에서 모두 '신천미'의 생육이 '연황미'보다 양호한 특성을 보였으며, 1마디 삼수보다 줄기정단삼수의 생육이 현저히 양호하였다. 따라서 줄기 정단 삼수를 이용하기 위해서는 삼목 15일경에 1차로 줄기 정단 삼수를 채취·삼목하고, 새로 발생하는 측아를 지속적으로 삼목하는 것이 생존율 및 증식효율이 높을 것으로 생각되었다. 또한 포장 정식을 위한 종순 크기는 30cm 정도가 적당한데, 1마디 삼목을 할 경우 25일, 줄기 정단 삼수는 20일 정도 소요되었다. Chung(2008)은 원예용 상토를 채운 72공 플러그 육묘에서 한국원시배양액을 공급할 경우 1마디 삼수보다 2마디 삼수를 이용하여 30일간 생육시켜 채묘하는 것이 바람직하다고 하였으나, 본 연구에서는 1마디 삼수의 삼목에서도 25일이면 30cm 이상 생육시킬 수 있었다. 이와 같은 수경재배 증식기술은 채묘 기간을 단축시킬 수 있으며, 생육에 적합한 양분관리로 건강한 종묘생산이 가능하고, 토양병해 및 연작장애가 없다는 장점이 있으므로(Burrage, 1992; Schwarz, 1995), 고구마 주산지의 무병묘 증식 및 보급에 유리할 것으로 판단되었다.

Table 2. Effects of cutting source and nutrient solution composition on growth of virus-free sweet potato plant measured at 25 days after NFT cultivation.

| Cultivar | Cutting source | Nutrient solution ^z | Vine diameter (mm) | No. of leaves/stem | Root length (cm) | No. of roots /plant | Fresh wt. /plant (g) | Dry wt. /plant (mg) |
|------------------------|----------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Shincheonmi | 1-node | NHRS | 3.63 a ^y | 10.9 a | 22.6 a | 29.2 a | 13.9 a | 1,262 a |
| | | NIHHS | 3.53 a | 9.7 b | 19.6 a | 28.4 a | 12.6 ab | 1,114 ab |
| | | YNSL | 3.49 a | 9.4 b | 23.6 a | 35.1 a | 12.1 b | 1,077 b |
| | Upper-shoot | NHRS | 4.05 a | 14.1 a | 18.1 a | 32.7 a | 20.2 a | 1,873 a |
| | | NIHHS | 3.82 ab | 13.3 a | 17.2 a | 30.8 a | 16.5 b | 1,690 ab |
| | | YNSL | 3.71 b | 12.7 a | 16.5 a | 29.5 a | 15.7 b | 1,535 b |
| Yeonhwangmi | 1-node | NHRS | 3.70 a | 8.3 a | 20.7 a | 30.3 a | 10.9 a | 902 a |
| | | NIHHS | 3.61 a | 7.6 a | 19.9 a | 27.1 a | 10.2 a | 846 a |
| | | YNSL | 3.56 a | 7.3 a | 20.9 a | 26.3 a | 10.1 a | 853 a |
| | Upper-shoot | NHRS | 3.91 a | 9.3 a | 20.4 a | 35.5 a | 16.0 a | 1,465 a |
| | | NIHHS | 3.87 a | 8.9 a | 18.7 a | 34.1 a | 15.3 ab | 1,321 ab |
| | | YNSL | 3.80 a | 8.6 a | 19.6 a | 33.7 a | 14.7 b | 1,240 b |
| Significance | | | | | | | | |
| Cultivar (C) | | | ns | *** | ns | ns | *** | *** |
| Cutting source (CS) | | | *** | *** | ns | *** | *** | *** |
| Nutrient solution (NS) | | | * | ** | ns | ns | *** | *** |
| C × CS | | | ns | ns | ns | * | ns | ** |
| C × NS | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| CS × NS | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C × CS × NS | | | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

^zNHRS, Nutrient solution recommended by National Horticultural Research Station in Japan; NIHHS, Nutrient solution recommended by National Institute of Horticultural & Herbal Science Institute in Korea; YNSL, Yamazaki's nutrient solution for lettuce.

^yMean separation within columns by DMRT at $p = 0.05$ ($n = 3$).

ns, *, **, *** Nonsignificant or significant at $p = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

삽수 크기에 따른 생육특성

바이러스 무병주의 대량 증식을 위하여 삽수 크기에 따른 생육특성을 비교하였다. 삽수 크기 및 품종에 관계없이 3-5 일경 결눈이 출현하였으며, 삽목 1주일 경부터 빠른 생장을 보였다. 10-15일까지의 줄기신장은 줄기 정단 삽수에서 가장 높았으며, 삽수 크기가 클수록 줄기신장이 양호한 경향이 있었으나, 유의한 차이는 없었다(Fig. 2). 삽목 후 15일경부터 급속한 줄기신장을 보였는데, 20일째에는 1마디 삽수보다 3마디 삽수에서 유의한 줄기신장을 보였으며, 1마디와 2마디 삽수에서는 유의한 차이가 없었다. 품종 간에는 '신자미'와 '연황미'의 줄기신장이 양호하였다. 이와 같이 삽수 크기에 따른 바이러스 무병주 증식은 마디수가 많이 포함된 큰 삽수일수록 잘 자라는 경향을 보였는데, 이는 마디에서 결눈의 출현하는 시기가 IAA와 같은 내생호르몬이나 탄수화물 함량이 상대적으로 높은 큰 삽수, 또는 정단에 가까운 삽수에서 빠르기 때문인 것으로 보였다(Jacobs, 1979; Guerrero et al., 1999; Zerche and Druege, 2009). 특히 줄기 정단 삽수에서 초기 줄기신장이 가장 빠르고 양호하였으므로, 줄기 정단 삽수에서 부차적으로 발생한 결순을 이용하는 것이 신

속한 증식에 유리할 것으로 보였다. 수경재배를 이용한 감자 줄기 삽목에서도 결순의 발생은 정부절단이 중간부위나 하부절단보다 증가하는 것으로 보고된 바 있다(Ku et al., 2000). 다른 초본류의 삽목에서도 삽수의 채취 부위에 따라 생존율 및 생육이 다른데, 사자발쑈의 삽수 부위별 생육은 정아, 측아, 중간부위 순으로 발근 및 생육이 양호하였고(Park and Park, 2004), 들나물에서도 줄기 정단 삽수가 중간 또는 하부 삽수보다 생육이 양호한 것으로 나타나(Ahn et al., 2008), 본 실험결과와 같은 경향을 보고하였다. 반면 목본류인 장미의 삽목에서 발근율은 삽수 채취 위치 및 품종에 따라 달랐으며, 신초의 생육도 삽수 위치에 따른 유의한 영향이 없었다고 하여(Park et al., 2011), 식물 종이나 품종에 따라 차이가 있다는 것을 알 수 있었다.

삽목 20일째의 생육특성을 조사한 결과(Table 3), 줄기 굵기와 뿌리길이는 삽수크기 및 부위에 따라 유의차가 없었으며, 뿌리수와 뿌리길이는 품종의 영향이 큰 것으로 나타났다. 엽수도 '연황미'를 제외하고는 삽수 크기 및 부위에 따라 유의한 차이가 없었다. 생체중 및 건물중은 삽수 크기가 클수록 증가하는 경향이었으며, 줄기정단삽수에서 가장 높

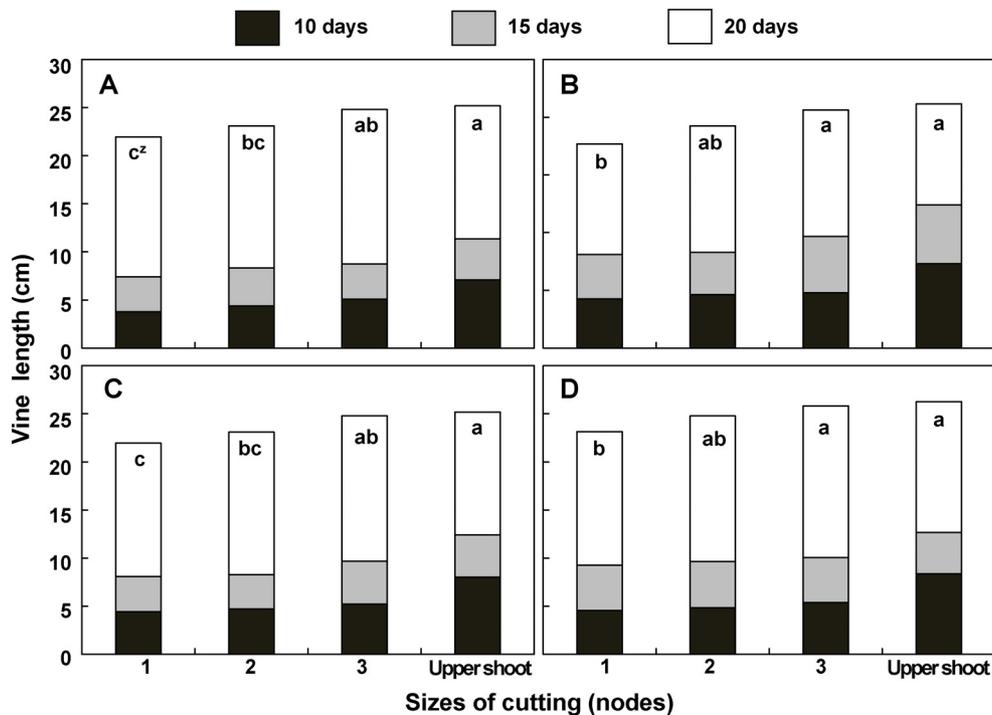


Fig. 2. Effect of cutting sizes on vine length of virus-free plant of four sweet potato cultivars (A, 'Mannami'; B, 'Shincheonmi'; C, 'Shinzami'; D, 'Yeonhwangmi') in NFT cultivation. Data were collected after 10, 15, and 20 days of cultivation in the nutrient solution recommended by National Horticultural Research Station in Japan. ^zDifferent letters indicate significantly different values in cutting sizes by DMRT at $P = 0.05$ ($n = 3$).

Table 3. Effect of cutting sizes on growth of virus-free sweet potato plant in NFT cultivation.

| Cultivar | Cutting size ^z | Vine diameter (mm) | No. of leaves /stem | Root length (cm) | No. of roots /plant | Fresh wt. /plant (g) | Dry wt. /plant (mg) |
|-------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Mannami | 1-node | 3.64 a ^y | 4.6 a | 17.8 a | 16.3 a | 4.7 b | 404 b |
| | 2-nodes | 3.70 a | 4.9 a | 18.3 a | 17.0 a | 5.5 ab | 518 ab |
| | 3-nodes | 4.01 a | 5.5 a | 18.7 a | 18.2 a | 6.3 a | 605 a |
| | Upper-shoot | 3.82 a | 5.7 a | 17.5 a | 17.6 a | 6.5 a | 626 a |
| Shincheonmi | 1-node | 3.70 a | 4.1 a | 13.5 a | 18.5 b | 4.3 b | 436 b |
| | 2-nodes | 3.85 a | 4.8 a | 14.3 a | 20.3 ab | 5.1 ab | 501 ab |
| | 3-nodes | 4.12 a | 5.7 a | 17.6 a | 22.3 a | 6.0 a | 598 a |
| | Upper-shoot | 3.96 a | 5.5 a | 17.9 a | 20.3 ab | 6.1 a | 618 a |
| Shinzami | 1-node | 3.74 a | 4.5 a | 19.7 a | 14.3 a | 5.3 b | 523 b |
| | 2-nodes | 3.84 a | 5.0 a | 20.7 a | 17.3 a | 5.5 b | 591 b |
| | 3-nodes | 4.12 a | 5.3 a | 25.2 a | 15.6 a | 6.6 a | 689 a |
| | Upper-shoot | 4.07 a | 5.2 a | 23.3 a | 16.7 a | 6.8 a | 693 a |
| Yeonhwangmi | 1-node | 3.70 a | 4.8 b | 17.8 a | 15.1 b | 5.3 c | 569 b |
| | 2-nodes | 3.75 a | 5.1 ab | 17.0 a | 20.3 a | 5.8 bc | 677 ab |
| | 3-nodes | 3.85 a | 5.3 a | 16.0 a | 16.5 b | 6.3 ab | 734 a |
| | Upper-shoot | 3.63 a | 5.3 a | 15.1 a | 16.1 b | 6.7 a | 721 a |
| Significance | | | | | | | |
| Cultivar (C) | | ns | ns | *** | *** | ** | *** |
| Cutting size (CS) | | ns | *** | ns | ** | *** | *** |
| C × CS | | ns | ns | ** | ns | ns | ns |

^zNutrient solution recommended by National Horticultural Research Station in Japan.

^yMean separation within columns by DMRT at $p = 0.05$ ($n = 3$). Data were collected at 20 days after cultivation.

ns, **, *** Nonsignificant or significant at $p = 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

있고, 품종간에는 ‘신자미’와 ‘연황미’에서 높았다. 일반적으로 삽목에서 삽수 크기가 클수록 체내 탄수화물 함량이 높아 발근 및 생육이 빠르며(Zerche and Druege, 2009), 동일 식물체에서도 오옥신 함량이 줄기 정단 부위보다 기부로 갈수록 낮기 때문에(Jacobs, 1979; Guerrero et al., 1999), 본 연구에서도 1마디 삽수의 줄기신장, 생체중 및 건물중 등이 3마디 또는 줄기 정단 삽수보다 유의한 차이를 보였던 것으로 판단되었다.

고구마에서 봄철 짧은 기간에 이루어지는 급속증식은 동일한 재료로부터 더 많은 삽수를 얻을 수 있는 1마디 삽목 방법이 효율적으로 생각되었다. 그 이유는 삽목 15일까지는 삽수 종류에 따른 유의한 생육차이가 없고, 25일째에도 1마디 삽수의 줄기신장, 생체중 및 건물중 등이 2마디 삽수와는 유의한 차이를 보이지 않았으므로 1마디 삽수를 이용하는 것이 봄철 3-5월에 온실이나 하우스 등의 시설 내에서 고구마 무병주의 급속대량 증식에 편리하게 이용될 수 있을 것으로 판단되었다. 고구마 삽목 번식에서 Kozaiet al.(1997)도 전개엽이 부착된 1마디 삽목이 번식 효율이 높다고 하였으며, Fujiwara et al.(2004)은 5cm 이상의 잎을 부착한 1마디 삽수에서 26-32°C까지는 온도가 높을수록 생육이 양호하였다고 하였다. 또한 감자의 무병주 급속증식에서도 Ku et al.(2000)은 1마디 삽목의 증식 효율이 높다고 하여, 본 연구 결과와 같은 경향이였다. 다만 1마디 삽수는 정단 삽수보다 초기 신초발생이 늦고, 상토를 이용한 삽목 시에는 품종에 따라 고사율이 높은 경우도 있으므로 주의가 필요하다. 그리고 고구마 포장재배에서 1마디 삽목으로 정식할 묘를 생산하기 위해서는 40일 이상 소요되는데(Badol et al., 1993), 본 연구에서 수경재배를 이용한 결과, 1마디 또는 줄기 정단 삽수를 삽목하여 30cm 크기의 정식을 위한 채묘 기간은 1마디 삽목은 25일, 줄기 정단 삽목은 20일 정도로 육묘기간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라, 1마디 삽목은 개체수의 증식효율도 높았으므로 경제적이였다. 이에 따라 고구마 무병주의 번식은 정단 삽목과 1마디 삽목 두 가지 방법이 효과적인 것으로 판단되었다. 정단 삽목은 삽목 15일경부터 5cm 크기의 정아를 채취하여 삽수로 이용하고, 남은 줄기의 측아 발달을 촉진시켜 정단 삽수의 생산량을 높이는 것이 핵심으로, 전문 육묘기술이 부족한 농가에서는 이러한 정단 삽수를 이용하는 것이 효율적인 것으로 판단된다. 1마디 삽목은 식물체를 20일 정도 키워서 25cm 이상 자랐을 때, 전개엽 1매를 부착한 1마디 삽수를 다수 생산할 수 있어서, 단기간에 많은 개체수 확보를 위해서는 정단 삽목보다 효과적이였다.

이상에서와 같이 NFT 수경재배시스템을 이용한 고구마

무병묘의 플러그 육묘기술은 2마디 삽수를 72공 플러그에 삽목하여 한국원시배양액으로 수경재배 시 30일 후 채묘하는 것이 바람직하다고 한 Chung(2008)의 방법보다 5일 정도 채묘 기간을 단축할 수 있었고, 1마디 삽수를 노지 삽목하여 40일간 생육시켜 채묘하는 Badol et al.(1993)의 방법보다는 15일 정도 채묘 기간 단축이 가능하여 경제적이였다. 따라서 본 연구결과는 고구마 주산지의 무병묘 확대 보급에 기여함으로써 농가소득 증대에 기여할 것으로 기대되었다.

초 록

NFT 수경재배 방식을 이용한 고구마 바이러스 무병주 대량 증식 기술을 개발하기 위하여, 버미클라이트와 펠라이트(1:1, v/v)를 채운 72공 플러그 트레이(35mL/cell)에 삽목하여 양액 종류, 삽수 크기 및 품종에 따른 생육특성을 평가하였다. 무병묘의 줄기신장, 생체중 및 건물중 등은 일본원시배양액, 한국원시배양액, 야마자키 상추배양액의 순으로 양호한 생육을 보였다. 삽수 종류에 따른 무병묘의 생육은 줄기 정단 삽수에서 가장 양호하였으며, 삽수 크기가 클수록 줄기 길이, 생체중 및 건물중의 증가가 뚜렷하였다. 품종 간에는 ‘신자미’와 ‘연황미’의 줄기신장, 생체중 및 건물중 증가가 다른 품종에 비하여 양호하였다. 줄기 굵기와 뿌리 길이는 삽수 부위 및 크기와 품종 간에 유의차가 없었다. 1마디 삽수는 2마디 삽수와 생육특성에서 유의한 차이를 보이지 않았다. NFT 수경 재배에서 무병주 대량 증식 효율은 1마디 삽수와 정단 삽수를 이용하는 것이 효과적이였다.

추가 주요어 : 삽목번식, 건물중, 생체중, *Ipomoea batatas*, 줄기생장

인용문헌

- Ahn, J.H., J.W. Kwon, J.H. Bae, and S.Y. Lee. 2008. Growth characteristics as influenced by cutting site and planting method in autumn field cutting of *Sedum sarmentosum*. J. Bio-Env. Con. 17:60-65.
- Badol, E.O., C.G. Kiswa, and Z.N. Ganga. 1993. Multiplication of sweet potato germplasm for on-farm trials using single node cutting. Phil. J. Crop Sci. 18(S1):18. (Abstr.)
- Burrage, S.W. 1992. Nutrient film technique in protected cultivation. Acta Hort. 323:23-38.
- Chung, M.N. 2008. A study on the virus detection methods and virus-free plant mass production in sweetpotato. Ph.D. thesis. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Fauquet, C.M., M.A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, and

- L.A. Ball. 2005. Virus taxonomy. Eighth report of the international committee on taxonomy of viruses. Academic Press, San Diego, California.
- Fujiwara, M., C. Kubota, T. Kozai, and K. Sakami. 2004. Air temperature effect on leaf development in vegetative propagation of sweetpotato single node cutting under artificial lighting. *Sci. Hort.* 99:249-256.
- Guerrero, J.R., G. Garrido, M. Acosta, and J. Sanchez-Bravo. 1999. Influence of 2,3,5-triiodobenzoic acid and 1-N-naphthylphthalamic acid on indoleacetic acid transport in carnation cuttings: Relationship with rooting. *J. Plant Growth Regul.* 18:183-190.
- Jacobs, W.P. 1979. Plant hormones and plant development. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kozai, T., C. Kubota, J. Heo, C. Chun, K. Ohyama, G. Niu, and H. Mikami. 1997. Towards efficient vegetative propagation and transplant production of sweetpotato [*I. batatas* (L.) Lam.] under artificial light in closed ecosystems, p. 201-214. In: D.R. La Bonte, M. Yamashita, and H. Mochida (eds.). Proceedings of the international workshop on sweetpotato production system toward the 21st century. 9-10 December, 1997. Kyushu National Agricultural Experiment Station, Miyazaki, Japan.
- Ku, O.S., H.Y. Kim, and U.S. Lee. 2000. Rapid multiplication of potato (*Solanum tuberosum* L.) stem cuttings based on nutrient culture system. *Hort. Environ. Biotechnol.* 41:161-165.
- Lee, Y.M., H.A. Song, D.C. Choi, G.H. Choi, J.S. Lee, D.S. Choi, M.W. Joung, S.Y. Lee, Y.S. Kim, and S.Y. Shin. 2008. Manual for production of excellent-brand sweetpotato in Iksan. Korea Press, Iksan, Korea.
- Park, K.W. and S.O. Park. 2004. Effects of cuttings and substrates on rooting of *Artemisia princeps* 'Sajabalssuk'. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 21(Suppl. I):48. (Abstr.)
- Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. Academybook, Seoul.
- Park, S.M., E.J. Won, Y.G. Park, and B.R. Jeong. 2011. Effects of node position, number of leaflets left, and light intensity during cutting propagation on rooting and subsequent growth of domestic roses. *Hort. Environ. Biotechnol.* 51:339-343.
- Rural Development Administration (RDA). 2006. Cultivation of sweet potato. Standard textbook for agronomy-28. RDA, Suwon, Korea.
- Schwarz, M. 1995. Soilless culture management. Springer Verlag, New York.
- Song, J., M.N. Chung, J.T. Kim, H.Y. Chi, and J.R. Son. 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Kor. J. Crop Sci.* 50(S):141-146.
- Teow, C.C., V. Truong, R.F. McFeeters, R.L. Thompson, K.V. Pecota, and G.C. Yencho. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem.* 103:829-838.
- Yamazaki, K. 1982. Nutrient solution culture. Pak-kyo Co., Tokyo. (Japanese)
- Zerche, S. and U. Druège. 2009. Nitrogen content determines adventitious rooting in *Euphorbia pulcherrima* under adequate light independently of pre-rooting carbohydrate depletion of cuttings. *Sci. Hort.* 121:340-347.