

養液栽培方式이 ‘대지’ 감자(*Solanum tuberosum* L.)의 生育 및 小塊莖 形成에 미치는 影響

金基澤·朴庸奉*

濟州道農村振興院·濟州大學校 園藝學科

Effect of Solution Culture System on Growth and Mini-tuber Yield of Hydroponically Grown Potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Dejima)

Kim, Ki-Taek · Park, Yong-Bong

Cheju provincial R.D.A. Cheju 690-170, Korea

*Dept. of Hort. Cheju Natl. Univ. Cheju 690-170, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of solution culture systems on growth and mini-tuber yields of hydroponically grown potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Dejima). The growth of stem and foliage at 40 and 60 days after planting were better in aeroponics system than the other systems, and stem length and number of stems per plant at 90 days after planting were the greatest as of 65.4 cm, 7.3 in aeroponics and the lowest as of 49.5 cm, 3.2 in scoria media system. Stolon length was the longest as of 30.4 cm in aeroponics at 90 days after planting, and number of stolons was the greatest as of 10.5 in NFT. Number of mini-tubers per plant at 90 days after planting was 67.1, 62.5, 20.1 and 18.0 in aeroponics, NFT, perlite and scoria media, respectively. The perlite media system made the fewest enlargement of lenticels of mini-tubers. The results indicate that aeroponic system can be used effectively for mini-tuber potato production.

주 제 어 : 양액재배방식, 감자, 소괴경 수량

Key words : solution culture system, potato(*Solanum tuberosum* L.), mini-tuber yield

서 언

濟州道에서 감자栽培는 최근 감귤 다음의
高所得作物으로 注目을 받고 있으며 1997年度
栽培面積 7,714ha에서 138,600톤이 生産되어

조수입 약 1,000억원에 달하고 있다. 그러나
감자는 괴경으로 營養繁殖하기 때문에 増殖率
이 적을 뿐만 아니라, 연속적으로 圃場에서
재배하면 재배도중 바이러스에 感染되기 쉽
고, 한번 감염되면 後代에 까지 傳染되어

收量減少와 品質低下의 커다란 要因이 되고 있다(Iritani, 1968; 鄭 等, 1983). 그러므로 감자의 收量과 品質을 높이기 위해서는 無病健全한 種薯를 심는 것이 무엇보다 重要하나, 政府普及種 優良種薯 普及率이 全國적으로 20% 水準으로 農家の 需要量에 비해 훨씬 不足하며, 濟州道는 이보다도 적은 5~6% 水準에 머물고 있다. 이러한 種薯의 供給不足은 採種農家の 規格未達品이 政府普及種보다 높은 價格으로 거래되거나 日本으로부터 少量 輸入되어 비싼 價格으로 판매되는 등 種薯의 價格이 農民에게는 負擔이 되고 있는 實情이다. 따라서 감자의 收量과 品質을 높이고 栽培農家の 安定生産과 競爭力을 提高시키기 위해서는 無病 種薯를 싼값으로 安定 供給하는 것이 先決되어야 할 것이다. 우리나라의 무병종서 供給體系는 1980年度 以前까지는 政府次元에서 2~3年마다 日本, 캐나다 및 美國 등 地域에서 上位級種薯를 少量씩 導入하여 이를 增殖한 후 農家に 普及하여 왔다. 이후 1980년대 중반까지는 生長점배양을 통한 무병주 획득기술이 確立되어 실내배양실에서 생산된 무병주를 온실재배로 기본종을 만들고 기본식물 원원종, 원종, 보급종 등 5단계의 증식 과정을 거쳐 農家に 普及해왔다. 1980년대 후반부터는 기내 소피경 형성기술 개발로 기내소피경을 대량생산하여 포장증식 단계를 줄이려는 연구가 계속되어 오고 있으나 生産單價가 비싸고 塊莖의 크기가 작아 發芽勢가 不均一하고 初期生育 지연에 의한 수량성 저하 및 재배관리가 까다로운 점 등의 문제점으로 실용화가 정착되지 못하고 있다(한과 임, 1980). 따라서, 이러한 短點을 보완하기 위해 시도된 것이 養液栽培에 의한 小塊莖 生産方式이다. 감자 養液栽培은 宇宙農業에 대한 一連 研究課程으로 미국 NASA에서 宇宙飛行時 食糧으로서의 利用可能性을 打診하기 위해 감자 NFT(nutrient film technique) 방식의 養液栽培을 試圖하여 그 可能性을 提示한 바는 있으나(Wheeler 等, 1990) 씨감자를 생산할 목적으로 소피경의 대량생산을 시도한 바는 없다. 國內의 경우는 金 等(1993)이 감자 水耕栽培에 의한 小薯生

産 및 實用化에 關한 研究에서 既存의 人工씨 감자보다 크기가 增大된 小薯의 生産可能性을 報告하였다.

이와 같이 지금까지는 國內外的으로 감자 養液栽培에 대한 研究는 아주 微微한 狀態로 그 可能性만 提示되어 있고 實用化에 대한 技術開發은 아직 미흡한 實情이다.

本 試驗은 養液栽培方式이 감자의 生育과 小塊莖의 形成 및 收量에 미치는 影響을 調査 하였던 바 그 結果를 報告하는 바이다.

재료 및 방법

供試한 감자는 제주에서 가장 많이 재배되는 '대지(Dejima)' 品種으로서 속기는 중만생이고 다수성이며 휴면이 짧은 2期作 品種이다. 지하부 生育이 왕성한 半直立型으로 봄 재배시에는 莖葉의 過繁茂로 收量이 감소되는 경우도 있다. 供試감자는 組織培養을 통해서 器內에서 發根시킨 어린 조직배양 shoot를 튜브에서 꺼내 증류수로 세척하여 25℃ 하우스에서 styrofoam 상자에 양액을 채우고 5×5cm 간격으로 구멍을 뚫고 심어서 순화시킨 후 크기가 비슷한 것(7~8cm)을 골라 사용하였으며, 定植은 8月 25日에 各各의 養液栽培床에 하였다.

養液栽培 方式은 噴霧耕, NFT(Nutrient Film Technique) 方式 및 제주에 많이 매장된 火山性 堆積礫인 송이(scoria)와 펄라이트(perlite)를 사용한 固形培地耕을 比較하여 검토하였다.

분무경과 NFT 方式은 栽培床을 400cm(길이) × 60cm(폭) × 25cm(높이)의 규격으로 FRP로 제작하여 양측 내부에 styrofoam을 붙이고 흑색 PE 필름을 깔아 防水와 暗條件을 維持하였다. 噴霧耕 栽培方式은 재배상 内部에 20mm PVC 파이프를 30cm 幅으로 2줄 설치하고 각 파이프에 60cm 간격으로 10度 上向 360度로 噴射되는 mist nozzle (최대 분사량 1.2 l/min)을 交互로 장치하였다. 분사는 1/4HP의 모터펌프를 이용하여 養液이 根圈에

충분히 噴霧되도록 하였으며 5分 휴식 후 30秒 間 분무되도록 timer를 利用하여 調整하였다.

NFT 방식은 定植板을 植物의 뿌리가 伸長함에 따라 높이를 5cm, 15cm, 25cm로 調整되도록 고리를 만들어 이용하였다. 養液供給은 1/4HP의 모터펌프로 養液을 계속 순환시켰으며 栽培床 끝에 직경 10cm 정도의 排水溝를 만들고 養液 흐름의 두께가 1cm 정도 되도록 높이를 調整하였다.

固形培地畝는 200cm(길이) × 40cm(폭) × 20cm(깊이)인 styrofoam 상자에 흑색 PE 필름을 깔고 송이(scoria)와 perlite를 각각 채우고 점적호수를 설치하여 養液이 根圈에 충분히 供給되도록 하였다.

養液은 地下水를 使用하여 표 1과 같이 組成하였다. 양액통은 1,000 l 용량의 플라스틱 통을 각 栽培方式에 使用하였으며, 養液濃度는 定植后 活着促進을 위해 3日 동안은 試驗에 使用된 培養液(표 1)의 1/2濃度の 養液을 供給하였다.

Table 1. Mineral composition of nutrient solution used for the experiment.

Macroelement (me/l)		Microelement (ppm)	
NO ₃ -N	10.0	Fe	2.0
NH ₄ -N	1.2	Mn	0.5
P	3.0	B	0.5
K	7.0	Zn	0.05
Ca	5.0	Cu	0.05
Mg	3.0		

定植後 40日부터는 塊莖形成을 助長하기 위해 窒素濃度를 1/2水準으로 낮춰 供給했으며 全生育期間동안 養液의 pH는 6.0~6.5, E.C는 1.2mS/cm가 되도록 유지했으며 養液의 溫度는 18℃가 넘지 않도록 하였다.

본 실험은 제주도농촌진흥원 농업시험포장 PE 필름 하우스에서 수행되었으며, 生育調査는 定植後 40日, 60日 및 90日에 하였으며 塊莖數와 塊莖의 크기 分布는 定植後 90日 收穫

時 調査하였으며 그외 모든 調査方法은 農振廳 調査基準에 準하였다.

결과 및 고찰

표 2는 養液栽培 방식에 따른 定植後 40日, 60日과 收穫期인 90日째 莖長과 莖數의 變化를 나타내고 있다. 莖長은 定植後 40日째에 噴霧耕이 26.2cm인데 대해 NFT 20.5cm, perlite와 scoria 培地畝는 13.2cm와 10.8cm로서 噴霧耕 방식이 큰 傾向을 나타내었다. 定植後 60日과 90日에도 같은 傾向이었으나 그 差는 40日에서보다는 작았다. 莖數에서도 같은 傾向을 보였으며 生育後期로 갈수록 perlite와 scoria 배지경에서도 生育이 빠르게 이루어졌다.

栽培方式에 따른 匍枝의 生長反應을 보면 匍枝長(그림 1)은 噴霧耕에서 길었고 匍枝數(그림 2)는 NFT에서 많은 傾向을 보였다. 定植後 60日에 栽培方式別 匍枝길이는 噴霧耕이 27.2cm, NFT 17.0cm, perlite와 scoria 배지경이 각각 15.8cm와 12.2cm였다. 收穫期인 定植後 90日에 噴霧耕 栽培에서 匍枝長은 30.4cm인데 대해 NFT 17.8cm, perlite 16.1cm, scoria 12.7cm로서 定植後 60日 이후에도 噴霧耕 栽培에서는 匍枝가 伸長하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 株當 匍枝數는 NFT 栽培에서 10.5개로서 가장 많았으나 다른 栽培方式과의 差는 크지 않았다.

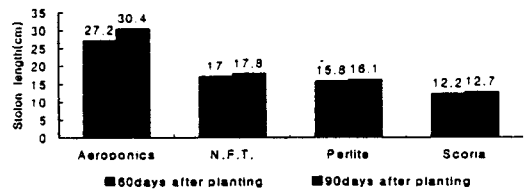


Fig. 1. Stolon length of 60 days and 90 days after planting of potato cv. Dejima grown in different solution culture systems.

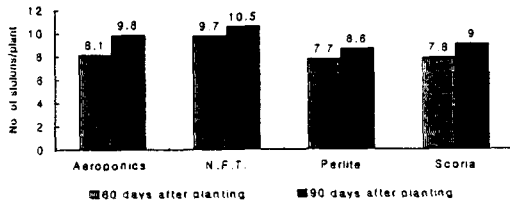


Fig. 2. No. of stolons of 60 days and 90 days after planting of potato cv. Dejima grown in different solution culture systems.

감자는 地下部の 塊莖을 利用하는 作物이므로 根圈部位의 生育環境이 塊莖의 形成과 肥大에 影響을 미치기 때문에 養液栽培 方式別로 生育의 差가 나타나는 것으로 생각된다. 定植後 生育調査(표 2)에서 高형배지경인

scoria와 perlite에서 生育이 부진한 것은 분무경과 NFT 栽培에 비해 정식후 活着에 소요되는 時間이 길었기 때문으로 思料된다.

噴霧耕 栽培에서 자란 식물은 일반 水耕재배와는 달리 根圈의 酸素가 풍부하고 水分利用效率이 極大化되어 生育이 旺盛해지고 특히 根毛의 발달이 현저히 좋다. 그러나 噴霧條件과 噴射되는 養液의 粒子크기 등에 따라 植物의 生育에 影響을 주는 것으로 알려져 있는데, 鄭 等(1993)은 토마토에서 10分 間隔으로 30초간 분무했을 때 生育이 좋았다고 했고, 손 등(1994)은 菊花 發根 실험에서 10分 間隔 60초간 분무했을 때 發根率이 좋았다고 했다. 또한 대상작물별로도 生育에 차이를 보이는데 토마토의 경우 바람직한 生長을 보이거나 국화의 경우 바람직하지 않은 栽培方法으로 報告되고 있다.

Table 2. Growth status of 40 days, 60 days, and 90 days after planting of potato cv. Dejima with different solution culture systems.

Solution culture systems	Stem length (cm)			No. of stems per plant		
	40 days	60 days	90 days	40 days	60 days	90 days
Aeroponics	26.2a ¹	49.1a	65.4a	2.4a	6.2a	7.3a
NFT	20.5b	41.4b	57.1b	2.1b	5.1b	5.8b
Perlite	13.2c	37.5c	55.0c	1.0c	3.1c	4.3c
Scoria	10.8d	31.0d	49.5d	1.0d	2.8d	3.2d

¹Mean separation within columns by Duncan's Multiple range test at $P \leq 5\%$ level.

Table 3. Mini-tuber yield of potato cv. Dejima grown in different solution culture systems.

Solution culture system	No. of tubers per plant	Tuber size distribution					
		Lighter 1g	1~3g	3~5g	6~10g	10~20g	over 20g
Aeroponics	67.1a ¹	13.4	4.9a	22.6a	10.3a	7.6a	8.3a
NFT	62.5b	12.5	10.9b	14.7b	9.6a	7.1a	7.7a
Perlite	20.1c	—	3.2c	4.2c	5.6b	1.8b	5.3b
Scoria	18.0c	—	3.0c	2.0d	6.0b	2.0b	5.0b

¹Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P \leq 5\%$ level.

姜과 金(1995)은 적합한 감자 養液栽培 方式을 究明하기 爲해 噴霧耕, 담액수경(DFT) 및 薄膜循環式수경(NFT)을 利用하여 秀美(Superior)와 男爵(Irish cobbler) 品種을 供試하여 試驗한 結果 定植後 60日의 莖葉, 匍枝長 및 塊莖數도 噴霧耕에서 많았다고 했는데 本 試驗에 供試된 대지(Dejima) 品種에서도 類似한 結果를 얻었다.

塊莖의 數(표 3)는 噴霧耕에서 株當 67.1個, NFT에서 62.5個로서 많은 편이었고 perlite 培地耕(20.1개/주)과 scoria(송이) 培地耕(18.0개/주)은 적은 傾向이었다. 塊莖의 크기분포는 씨감자 生産에 利用될 수 있는 塊莖의 크기를 3g 以上으로 볼 때 3g 以上の 塊莖이 차지하는 比率이 噴霧耕은 72.7%, NFT 62.6%, perlite 84.1%, scoria 83.3%로서 固形培地耕이 높은 分布를 보이고 있다. 그러나 株當 生産量이 적기 때문에 株當 3g 以上の 塊莖分布는 높으나 株當 生産量은 噴霧耕이나 NFT의 1/2 以下 水準이다. 또한 perlite 培地耕에서 生産되는 小塊莖은 皮目發生이 적어 腐敗率이 적고 良質의 塊莖을 生産할 수 있었다. 이런 結果는 培地內의 공기유통이 잘 이루어져 산소공급이 충분하였기 때문으로 생각된다.

감자의 塊莖 形成과 肥大는 生長調節物質의 變化와 關聯이 있는데 Sattelmacher와 Marschner(1978b)는 감자 養液栽培에서 질소 供給의 中斷이 生長調節物質의 增加를 가져오며 이에 따라 塊莖의 形成이 促進됨을 보고한 바 있고, Wan 등(1994)은 pH의 間歇的인 低下에 의해 皮경形成이 促進된다고 했다.

또한 生長調節物質을 人爲的으로 調節하기 爲하여 合成物質을 莖葉에 撒布하여 塊莖形成을 誘導할 수 있다(Harmey 등, 1966). 이러한 研究結果를 綜合해 볼 때 감자의 塊莖形成을 誘導하기 爲해서는 식물체내 生長調節物質이나 生理的 活性的 變化를 야기할 수 있는 環境條件의 變化를 가해야 함을 알 수 있다(Krauss and Marschner, 1982).

특히 噴霧耕에서 生長한 식물은 週期的으로 養液이 噴射되고 根圈溫度의 변화폭이 커지게 되며 噴射되는 壓力에 의해 식물체의 뿌리에

상당한 刺戟을 주게 된다. 이러한 刺戟은 식물체내 生長調節物質, 특히 生長抑制物質의 生成을 刺戟함으로써 塊莖形成을 촉진할 수 있을 것으로 생각되었다. 本 實驗結果 噴霧耕에서 匍枝의 生長이 빠르고 5±2g 크기의 塊莖 生産도 전체 塊莖의 72.7%로 높아서 씨감자 生産用 小塊莖 生産方法으로 適合하다고 思料된다.

적 요

감자 小塊莖 生産을 爲해 適合한 養液栽培 方式을 究明코자 噴霧耕, NFT, perlite 및 scoria 培地耕을 利用하여 ‘대지’ 품종을 供試하고 生育과 小塊莖의 形成 및 收量에 미치는 影響을 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 噴霧耕 方式이 NFT 方式이나 perlite 및 scoria 배지경에 비해 정식후 40일과 60일의 地上部 生育이 좋았고, 定植後 90日에는 莖長이 65.4cm, 株當莖數가 7.3개로서 가장 많았으며, scoria 培地耕은 莖長이 49.5cm, 株當莖數 3.2개로서 가장 적었다.

2. 匍枝長은 噴霧耕에서 30.4cm로 가장 길었고, 株當匍枝數는 NFT 方式에서 10.5개로 많았다.

3. 정식후 90일에 株當 塊莖數는 噴霧耕에서 67.1개, NFT 62.5개, perlite 배지경 20.1개, scoria 배지경 18.0개였다.

4. 3g 以上の 塊莖 크기 分布는 噴霧耕 72.7%, NFT 62.6%, perlite 培地耕 84.1%, scoria 培地耕 83.3%로 高형배지경이 높은 分布를 보였으나 株當 塊莖數가 적기 때문에 總收量은 적었다.

5. Perlite 培地耕에서 生産된 小塊莖은 皮目發生이 적고 表皮가 매끄러워서 良質의 塊莖이 生産되었다.

인 용 문 헌

1. Bolaender, K. B. and A. Algra. 1966. In-

- fluence of growth retardant B-9 on growth and yeild of potatoes. Eur. Potato J. 9 : 242-258.
2. Fong, K. H. and A. Ulrich. 1969. Growing potato plants by the water culture technique. Amer. Potato J. 46 : 269-272.
 3. Garcia-Torres, L. and C. Gomez-Campo. 1973. In vitro tuberization of potato sprouts as affected by ethrel and gibberellic acid. Potato Res. 16 : 73-79.
 4. 한병희, 임명순, 1980. 시험관내 괴경 대량 생산 실용화 연구. 원시연보 (채소분야). pp. 283-290.
 5. Harmey, M. A., M. P. Crowley and P. E. M. Clinich. 1966. The effect of growth regulators in tuberization of cultured stem pieces of *Solanum tuberosum*. Eur. Potato. J. 9 : 146-151.
 6. Iritani, L. M. 1968. Factors affecting physiological degeneration of potato tubers used as seed. Amer. Potato J. 45 : 111-116.
 7. 鄭淳柱, 池性韓, 原溫, 池田英男, 鈴木芳夫. 1993. 養液의 噴霧間隔이 토마토의 生育과 果實 收量에 미치는 影響. 韓園誌 34 : 91-98.
 8. 정승룡, 이돈균, 함영일, 박영섭. 1983. 감자의 년차별 퇴화와 각종 바이러스병의 수량감소에 관한 연구. 고시연보. pp. 105-111.
 9. 趙載英 1986. 田作, 郷文社. pp. 389-448.
 10. 강종구, 김승열, 1995. 養液栽培에 의한 감자 小塊莖形成 및 肥大促進에 관한 研究. 農業科學論文集 37 : 187-199.
 11. 강종구, 천상욱, 정순주. 1995. 栽培方式의 差異, 根圈溫度 및 養液의 이온 濃도가 菊花 뿌리의 解剖形態的 變化에 미치는 影響. 한원지 36(4) : 548-554.
 12. 川上辛治郎. 1936. 春作馬鈴薯に於ける種薯의 改善に就て. 農業と濟 3 : 399-405.
 13. Krauss, A. and H. Marschner. 1982. Influence of nitrogen nutrition, day length and temperture on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization in potato plants. Potato Res. 25 : 13-21.
 14. 김정간, 임명순, 김승열, 조현목. 1990. 감자 기내소괴경 생산 이용 및 기본종 육성. 원시연보 (채소분야). pp. 227-287.
 15. 김현준, 김관수, 김원배, 최관순, 1993. 감자 수경재배에 의한 소서생산 및 실용화에 관한 연구. 농업논문집 35(1) : 524-529.
 16. 金賢準, 柳承烈, 崔寬淳, 金竝鉉, 金正幹. 1997. 養液栽培에 의한 씨감자 大量急速 増殖. 韓園誌 38(1) : 24-28.
 17. 임명순, 박연희, 김정간, 김승열, 조현목, 한병희. 1990. 감자 괴경의 기내 대량생산 및 실용화에 관한 연구. 1. 괴경의 기내대량생산에 관여하는 몇가지 요인. 농시논문집 (園藝篇) 2(3) : 46-53.
 18. 朴權瑀, 金永植. 1993. 水耕栽培의 理論과 實際. 고려대학교 출판부. pp. 121-137.
 19. Palmer, C. E. and O. E. Smith. 1969. Cytokinin and tuber initiation in the potato (*Solanum tuberosum* L.) cultured in vitro. Plant and cell physiol. 11 : 303-314
 21. Sattlemacher, B. and H. Marscher. 1978a. Cytokinin activity in stolons and tubers of *Solanum tuberosum* during the period of tuberization. Physiol. Plant 44 : 69-72.
 22. Sattlemacher, B. and H. Marcher. 1978b. Relation between nitrogen nutrition, cytokinin activity and tuberization in *Solanum tuberosum*. Physiol. Plant 44 : 65-68.
 22. 손기철, 변혜진, 채수천. 1994. Pantas 및 국화의 발근에 대한 간이 초음파 분무경 시스템의 적용. 韓園誌 35 : 301-308.
 23. Wan, W. Y., W. Cao and T. W. Tibbitts. 1994. Tuber initiation in hydroponically

- grown potatoes by alternation of solution pH. HortScience 29 : 621-623.
24. Wheeler, R. M., C. L. Mackowiak, J. C. Sager, W. M. Knott and C. R. Hinkle. 1990. Potato growth and yield using nutrient film technique(NFT). Amer. Potato J. 67 : 177-187.