
博士學位論文

養液栽培에 의한 씨감자용 小塊莖
生産性 向上에 關한 研究

Studies on Increasing the Production of
Mini-tubers in Hydroponics for Seed Potato
(*Solanum tuberosum* L.)



濟州大學校 大學院

園藝學科

金 基 澤

1997 年 12 月

養液栽培에 의한 씨감자용 小塊莖 生産性 向上에 關한 研究

指導教授 朴 庸 奉

金 基 澤

이 論文을 農學博士 學位論文으로 提出함

1997年 12月

金基澤의 農學博士 學位論文을 認准함



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

審査委員長 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

濟州大學校 大學院

1997年 12月

**Studies on Increasing the Production of
Mini-tubers in Hydroponics for Seed Potato
(*Solanum tuberosum* L.)**

Ki-Taek Kim

(Supervised by professor Park, Yong Bong)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR
OF AGRICULTURE



DEPARTMENT OF HORTICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1997. 12

目 次

Summary	1
I. 緒 言	4
II. 研 究 史	6
III. 材 料 및 方 法	13
IV. 結 果 및 考 察	18
1. 養液栽培시스템	18
2. 培養液의 pH低下 處理에 의한 塊莖形成 促進	25
3. 小塊莖의 採取間隔 試驗	32
4. 養液栽培로 生産된 小塊莖의 圃場試驗	37
V. 綜 合 考 察	49
VI. 摘 要	53
VII. 引 用 文 獻	55

養液栽培에 의한 씨감자용 小塊莖 生産性

向上에 關한 研究

金 基 澤

(濟州大學校 大學院)

Studies on Increasing the Production of Mini-tubers in
Hydroponics for Seed Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Ki-Taek Kim

(Graduate School, Cheju National University)



Summary

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

The present study was carried out to establish optimum techniques of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) production by hydroponics. To increase the production efficiency of mini-tubers in hydroponics, the effects of various culture systems, intermittent pH reductions and varying intervals of tuber picking during hydroponic cultures, and changes in sugar content and sprouting behavior of tubers during storage were investigated. In addition, growth and yield characteristics in continuous field cropping were investigated, and the results obtained are summarized as follows:

1. Effects of different hydroponic systems.

1) Stem length, number of stems, and stolon length at 40 days after planting were better in aeroponics than in other hydroponic systems. The longest stem length of 65.3cm and the greatest number of stems per plant of 7.3 at 90 days after planting were obtained in aeroponics and the shortest and least of 49.5cm and 3.2, respectively, in the Scoria media system.

2) Number of stolons per plant was the greatest in NFT at 10.5 and the lowest in the perlite media at 8.6 while stolon length was the longest at 30.4cm in aeroponics and the shortest at 12.7cm in the Scoria media system.

3) 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 media and Scoria media, respectively, and the same trends were shown in the distribution rate of tubers of over 3g.

4) The perlite media system made the fewest enlarge of lenticel of mini-tuber.



2. Effects of intermittent pH reductions of solution.

1) Mini-tuberization in pH 3.0 treatment was significantly increased to 20 days after treatment.

2) The distribution rate of mini-tubers of over 3g was highest in pH 3.0 at 57.9% and lowest in pH 5.0 and 6.5 at 50.8%.

3) Number of mini-tubers per plant at 90 days after planting was 72.1, 69.8, 65.2 and 60.3 in pH3.0, 4.0, 5.0 and 6.5, respectively.

4) Number of tubers increased with low pH treatment due to the formation of many stolon, and dry weight of tubers was also increased.

3. Picking intervals of tubers during hydroponic cultures.

1) Plant height and number of branches per plant at 90 days after planting were increased with 5 day picking intervals in tubers of over 3g.

2) Stolon length was the longest at 67cm with 5 day picking intervals and number of stolons was not affected upon each treatment.

3) Number of tubers per plant at 90 days after planting was increased when the picking interval was short, but tuber weight decreased.

4) The distribution rate of 3~10g tubers was highest at 65.8% with 10 day picking intervals.

5) 10 day picking intervals can be used effectively for mini-tuber potato production of 3~10g tubers in aeroponics.

4. Growth and yield characteristics in field cropping.

1) Days from planting to emergence for 1g mini-tubers and 15g mini-tubers were 25 days and 45 days, respectively.

2) Sugar contents immediately after harvest of mini tubers grown in aeroponics were sucrose, glucose and fructose in order.

3) Glucose and fructose contents of small-weight mini tubers increased at 10 days (greening duration) after harvest.

4) Plants emerged earlier from small-weight mini-tubers than from large-weight mini tubers, and days to emergence of tubers of less than 5g took 28 and 25 days, and those of over 10g took 30 and 27 days in spring and autumn seasons, respectively.

5) Large-weight mini-tubers were greater in emergence rate, plant growth after emergence, number of stems, stem length, stem diameter and leaf width than small-weight mini-tubers.

6) Seed potato production in tubers of over 5g was 90% of that of tubers of 15g.

I. 緒 言

濟州道에서 최근 감자栽培는 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 조수입이 약 1,000억원에 달하고 있다. 그러나 감자는 괴경으로 營養繁殖되므로 増殖率이 낮을 뿐만 아니라, 圃場에서 연속적으로 재배하면 바이러스병에 感染되어 영속적으로 後代에 傳染되므로 收量減少와 品質低下의 커다란 要因이 되고 있다. 그러므로 감자의 收量과 品質을 향상시키기 위해서는 健全한 無病種薯을 심는 것이 무엇보다 重要하나, 全國적으로 政府普及種 普及率이 20% 水準으로 農家の 需要量에 크게 不足하다. 특히 濟州道는 5~6% 水準에 불과하여 항상 種薯가 부족한 실정이다.

이러한 種薯의 供給不足은 採種農家の 非規格 種薯가 政府普及種보다 높은 價格으로 거래되거나, 日本으로부터 輸入된 種薯가 비싼 價格으로 판매되어 감자 재배농가에 큰 負擔이 되고 있다.

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 지속적으로 無病種薯를 싼값으로 供給하는 것이 先決되어야 할 것이다.

우리나라의 무병종薯 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 増殖한 후 農家に 普及하여 왔다. 이후 1980년대 중반까지는 生長점배양을 통한 무병주 획득기술이 확립되어 실내배양실에서 생산된 무병주를 온실재배로 기본종을 만들고 기본식물 원원종, 원종, 보급종 등 5단계의 증식 과정을 거쳐 農家に 普及하여 왔다. 1980년대 후반부터는 기내소괴경 생산기술 개발로 대량생산하게 되어 포장증식 단계를 줄이려는 연구(崔, 1969)가 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 수량감소 및 재배

관리가 까다로워 실용화가 정착되지 못하고 있다.

따라서 이러한 문제점을 보완하기 위해서 시도된 것이 養液栽培에 의한 小塊莖 生産기술이다. 감자 養液栽培는 우주식량으로 미국 NASA에서 NFT 方式으로 試圖되어 그 可能性을 提示한 바 있으나(Wheeler 等, 1990) 씨감자를 대량생산할 목적으로 소과경의 다량생산을 시도된 바는 없다. 國內에서는 金 等(1993)이 감자 水耕栽培로 씨감자 生産 및 實用化에 關한 研究에서 既存의 기내생산 씨감자보다 크기가 增大된 소과경의 生産 可能性을 報告하였다. 이와 같이 감자 養液栽培에 대한 研究는 國內外的으로 그 可能性만 提示되어 있을뿐 實用化에 대한 技術開發은 아직 미흡한 實情이다.

本 研究는 감자 養液栽培에 의한 小塊莖 씨감자의 大量生産과 그 利用法 等を 檢討함으로써 효율적인 씨감자 生産 및 利用體系를 確立하고자 수행 하였다.



II. 研究史

1. 씨감자 生産

감자는 地下塊莖을 營養繁殖하여 增殖되므로 圃場栽培時 바이러스병에 感染될 경우 後代에 傳染되어 收量減少와 品質低下의 커다란 要因으로 作用하는데(Iritani, 1968) 감자에 피해를 주는 여러 종류의 바이러스병 중 에서 특히 모자이크 바이러스(potato virus Y, PVY)와 엽권바이러스(potato leafroll virus, PLRV)는 수확량에 치명적인 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Wetter, 1971). 감자식물체에서 바이러스병에 의한 증세는 감자의 品種, 栽培環境, 感染程度, 진딧물의 발생밀도 등에 의해서 크게 영향을 받는데, 씨감자는 평년지보다 고냉지대에서 채종해야 바이러스병에 의한 퇴화를 방지할 수 있다고 하였다(川上, 1936). 우리나라의 씨감자 생산지가 大關嶺과 같은 冷涼한 지대와 해안지에 局限된 것은 감자의 生育과 收量 뿐만 아니라 바이러스병을 媒介하는 진딧물의 발생밀도가 내륙평년지보다 낮기 때문이다(崔, 1969)

감자와 같이 營養繁殖을 통하여 維持되어온 作物들은 적어도 한가지 이상의 바이러스병에 感染되어 있다고 보는 견해가 있으며(崔, 1969) 특히 잠재성 바이러스의 경우는 병징이 잘 나타나지 않으므로 이병 여부를 육안으로 식별하기가 곤란하다. 그리고 바이러스는 그 자체가 식물의 代謝過程과 아주 밀접하게 연관되어 있으므로 化學的, 또는 物理的 방법으로 바이러스 병원균만을 제거하기가 어려워 영양번식 작물의 무병개체획득 수단으로는 生長점배양 기술이 이용되고 있다. Morel과 Martin(1955)은 감자의 PVA를 제거하였고, Nielsen(1960)은 고구마의 internal cork를,

Miller와 Belkengren(1963)은 딸기의 vein banding 바이러스병을 생장점 배양에 의하여 퇴치하였다고 보고하였다.

감자에서 무병개체의 획득을 위한 생장점 배양방법은 많은 연구자들에 의하여 발전되어 왔으며 오늘날 조직배양 기술은 무병씨감자의急速大量繁殖 수단으로 利用되고 있다(Hussey 와 Stacey, 1984; Rosell 等, 1987). 그러나 무병개체를 기내에서 유지하고 이용하는 과정에서 바이러스병에 감염기회가 많고 계절적으로 제한을 받기 때문에 最近에는 器內에서 연중 小塊莖(Mini-tuber)을 生産하여 利用하는 研究가 進行되고 있다(Kassanis, 1950; Rosell 等, 1987; Joung, 1989; 任 等, 1990; Choi 等, 1990; 朴 等, 1995).

2. 감자 器內小塊莖 生産

감자의 器內小塊莖 形成에 관한 연구는 Gregory(1956)에 의하여 最初로 가능성이 提示된 이후 유전자원의 보존을 목적으로 많은 研究者들에 의하여 연구되었다(Burt, 1964; Harmey 等, 1966; Gifford 와 Moorby, 1967; Garcia 와 Gomez, 1973; Mingo 等, 1976; Menzel, 1983; Han, 1987; Choi 等, 1990). 器內小塊莖 生産방법은 실내에서 年中生産이 가능하고 저장과 수송이 용이하며 溫室 등 施設內에서 언제나 播種, 栽培할 수 있어 씨감자 생산에 실용화가 이루어진다면 획기적인 씨감자 생산기술로 인정을 받게 될 것이다.

따라서 國內에서는 金 等(1982)이 器內 塊莖形成 方法을 처음 발표한 이래 원예시험장에서는 1983년부터 유전자원 보존을 위한 器內 塊莖形成 試驗을 시작한 바 있다(睦 等, 1987). 1984년 부터 1986년 까지 조직배양

기술에 의한 기내 씨감자의 大量生産 가능성이 검토되어 1987년 이후에는 상위급 種薯생산에 이용되고 있으며(韓과 任, 1980; 任 等, 1990; 任과 金, 1991). 최근에는 Joung 等(1989)에 의하여 기내에서 대량생산이 가능한 기술이 개발되었다.

그러나 현재 생산단가가 높고 괴경크기가 작아 생육초기 포장관리가 까다롭고 입모율이 낮아 생산성이 일반감자의 60~70% 수준이다. 따라서 기내소괴경의 생산효율과 크기를 증대시키기 위하여 日長, 溫度, 生長 調整 物質, sucrose 含量 等 괴경형성 要因에 대해서 많은 연구가 수행되었다. 일장효과에 대하여 Palmer와 Smith (1969), Wang과 Hu(1982), Menzel (1983)는 8時間 日長이 效果的이라고 보고한데 반해서, Hussey와 Stacey (1984)는 25℃에서 16 또는 24時間 장일조건에서 12~14週간 培養이 塊莖 形成이 效果的이라고 하였으며, 괴경형성과 비대온도는 15.6~23.9℃ 범위가 가장 좋았다고 보고되었다(Epstein, 1966; Yamaguch 等, 1964).

生長 調整 物質과 器內塊莖 形成에 대해서는 Palmer와 Smith(1969)는 Cytokinin類의 役割에 對해서, Van Staden(1976), Van Staden과 Dimalla (1977), Vieitez 等(1985), Han(1987)과 Harmey 等(1966)은 BAP(6-Benzylamino purine), CCC(Chloro Cholin Chloride) 및 Kinetin 混合處理 효과에 對해서 報告하였다. 한편 Railton과 Wareing(1973)는 GA₃가 塊莖形成을 抑制한다고 報告하였는데, 窒素供給은 ABA 含量을 감소시키고 GA 含量을 증가시켜 塊莖形成이 억제되는 것으로 보아 塊莖形成이 內生 식물호르몬과 밀접한 관계가 있음을 암시하였으며 Krauss 와 Marschner(1982)은 長日條件에서 ABA를 塊莖形成期에 莖葉에 處理하여 塊莖形成을 유도할 수 있다고 하였다.

3. 감자 養液栽培

감자 養液栽培는 美國 NASA에서 宇宙飛行時 자체식량 확보 可能性을 알아보기 위하여 NFT 方式으로 감자 養液栽培를 試圖하여 그 可能性을 提示한 바 있다(Wheeler와 Tibbitts, 1986, 1987; Wheeler 等, 1986, 1990). 국내에서는 上位段階의 無病種薯 大量증식을 目的으로 金 等(1993)이 감자 養液栽培를 실시한 결과 塊莖의 크기가 기존의 器內小塊莖보다 크고 多收穫이 可能하다고 하였고, 姜과 金(1995)이 감자 養液栽培 시스템 및 재배방법등을 구명하였다.

養液栽培 시스템에서는 湛液耕, NFT(薄膜循環式), 噴霧耕등으로 大別할 수 있는데 湛液耕은 養液속에 根계를 형성시키고 인위적으로 용존산소를 공급해 주어야 하나 비교적 안정된 根권환경을 유지 할 수 있어 葉菜類 등의 재배에 이용된다(鄭 等, 1994).

薄膜循環式(NFT)은 식물을 薄膜상태로 흐르는 배양액에 재배함으로써 根圈의 통기를 적절히 유지하기 위해서 고안되었으나(Cooper, 1975) 뿌리와 微生物에 의한 根圈의 酸素 소비로 산소농도의 부족이 야기될 수 있다(Gislerrod와 Kempton, 1983). 분무경은 뿌리의 전부 혹은 일부가 공기 중에 노출되도록 하여 영양액을 분무하여 안개와 같이 포화시켜 재배하는 방식으로 용존산소 문제를 해결할 수 있는 장점이 있다(Massantini, 1985; Maxwell, 1986).

분무경하에서 자란 식물은 일반 수경재배와는 달리 根권의 산소가 풍부하고 수분이용 효율이 극대화되어 생육이 왕성해지고 특히 根毛의 발달이 현저히 좋다(Zobel 等, 1976). 그러나 분무조건과 噴霧되는 양액의 粒子 크기 등에 따라 식물의 생육에 영향을 주는 것으로 알려지고 있는데,

鄭 等(1993)은 토마토에서 10분 간격으로 30초간 분무했을 때 생육이 좋았다고 하였고, 孫 等(1994)은 국화 발근 실험에서 10분 간격으로 60초간 분무했을 때 발근율이 좋았다고 하였다. 또한 대상 작물별로도 생육에 차이를 보이는데 토마토의 경우 바람직한 생장을 보이나(鄭 等, 1993), 국화의 경우 바람직하지 않은 재배방법으로 보고되어 있다(姜 等, 1995).

姜과 金(1995)은 감자 양액재배에서 주요 생장부위는 복지이므로 분무경의 경우 품종에 관계없이 다른 양액재배 방식보다 복지의 생장이 월등히 좋았다고 하였다.

감자의 괴경형성과 비대는 생장조절물질의 변화와 관련이 있는데 Sattlemacher 와 Marschner(1978b)은 감자 양액재배에서 질소공급의 중단이 生長 抑制物質의 증가를 가져오며 이에 따라 괴경의 형성이 촉진됨을 보고한 바 있고, Wan 等(1994)은 정식후 30일, 35일, 40일에 양액의 pH를 각각 3.5와 4.0으로 낮추었을 때 pH 3.5를 처리한 것에는 42일째부터 괴경이 형성되기 시작하였다고 하였다.

또한 양액재배시 인위적으로 생장을 조절하기 위하여 생장조절물질을 경영에 살포하므로써 괴경형성 유도가 가능하다고 하였다(Balamani와 Poovaiah, 1985; Hammes 와 Nel, 1975).

4. 小塊莖의 포장시험

圃場栽培時 관행의 種薯크기는 30-40g 정도이나 器內 小塊莖은 1g 이내로 아주 작기 때문에 초기생육이 부진하고, 입모율이 낮아 결과적으로 수량이 감소된다(Wattimena 等, 1983).

器內小塊莖의 포장생육은 種薯보다 初期生育은 낮았으나, 中.後期에는 비슷하였으며(Wattimena 等, 1983) 그 원인은 莖葉의 初期生育에 필요한 微量元素, 炭水化物等 營養物質의 양적 差異 때문이므로(Goodwin 과 Brown, 1980; Hendriken, 1963; Moorby, 1967) 外部에서 營養物質을 供給함으로써 초기생육 촉진이 가능하다고 하였다(Headford, 1961; Moorby, 1967). 그리고 幼苗의 生育은 外部로부터 수분과 營養物質이 잘 供給될 경우 母薯가 存在하지 않더라도 뿌리의 發育만 잘 된 植物體는 種薯를 利用한 것과 비슷한 發育을 할 수 있으나, 감자 생산량은 모서의 存在有無 및 크기에 따라 差異가 있다고 보고 되었다.

器內小塊莖은 일반종서보다 萌芽의 出現時期가 늦지만, 줄기당 側枝數가 더 많으며(Wiersema 等, 1987) 塊莖數가 많고 크기가 작다고 하였다.

崔 等(1994)은 비닐 하우스內에서 일반種薯와 器內小塊莖을 재배하여 比較한 결과 주당 匍枝數와 塊莖數는 器內小塊莖이, 괴경중은 일반種薯가 더 많았다고 하였다.

채종재배에 이용되는 씨감자는 품종의 고유특성을 유지하고 각종 병에 걸리지 않는 것으로서 상처가 없고 크기가 30~120g 정도이며 눈이 뚜렷한 것을 이용해야 된다고 하였다.(金 等, 1993)

감자 養液栽培에 의하여 生産된 小塊莖은 크기가 작은 것은 0.5g에서 큰 것은 20~30g으로서 일반 괴경에 비하여 작으나, 5g 이상이면 圃場栽培가 쉽고 수량감소가 적으므로 種薯用으로는 5~10g 정도 크기의 소괴경을 많이 생산하는 것이 바람직하다고 하였다(姜 等, 1995).

5.塊莖의 糖代謝

Mauk와 Langille(1978)에 의하면 대부분의 고등식물들은 광주기 동안 엽록체내에서 sucrose와 전분이 합성되고 합성된 sucrose는 암주기 동안 다른 기관으로 분배된다고 하였다. 감자의 잎에서 만들어진 sucrose는 체관부를 통하여 저장기관인 괴경으로 옮겨지고 분해효소인 sucrose synthase에 의해서 환원당으로 전환되어 전분대사에 이용된다고 하였다(Schwimmer 等, 1954; Tishel과 Mazelis, 1966).

감자 괴경의 전분에는 환원당(glucose, fructose 등)과 비환원당(sucrose 等)이 있는데, 괴경이 비대하기 시작할 때에는 거의 환원당만이 있고 비환원당은 극히 적으며, 괴경비대와 더불어 환원당이 점차 감소되고 비환원당이 점차 증가하여 휴면 중에는 비환원당이 환원당보다 훨씬 많아지며, 휴면이 끝날 때에는 이들 양자 모두 현저히 증가되나, 발아, 성장함에 따라 이들 당은 모두 소모되어 그 함량이 낮아진다고 하였다(鄭 等, 1995; 朴 等, 1995).

미성숙된 괴경은 sucrose 함량이 높는데, 수확해서 10℃ 이상 온도에 서 2~3일이 경과한 후에는 그 함량이 떨어지고 온도가 높을수록 더욱 떨어져 성숙한 괴경과 비슷하게 되는데 그것은 대부분 환원당으로 전환되기 때문이라고 하였다(Burton 等, 1959; Burton과 Wilson, 1978).

Ⅲ. 材料 및 方法

1. 供試品種 및 材料

供試한 감자는 제주에서 많이 栽培되는 '대지' (Dejima) 品種으로서 다수성 중·만생종이며 괴경이 둥글고 휴면기간이 짧아 춘추 2기작으로 재배되고 있다. 줄기 길이가 길고 생육이 왕성한 半直立型으로 봄 재배시에는 莖葉의 過繁茂로 收量이 감소되는 경우가 많다.

양액재배에 이용한 묘는 器內에서 發根시킨 어린 조직배양 shoot를 온실내 순화상에 이식한 후 순화된 줄기를 채취하여 사용하였다. 조직배양 shoot의 순화는 60(길이)×40(폭)×15(깊이)cm 크기의 스티로폼 상자에 양액을 채우고 2cm 두께의 스티로폼판에 5×5cm 간격으로 구멍을 뚫어 조직배양 어린 shoot를 移植하여 湛液耕으로 45일간 묘를 양성하였다. 묘가 10~15cm 자랐을 때 7~8cm 길이로 삽수를 채취하여 養液栽培床에 40 x 20cm 간격으로 직접 插植하였다.

本研究는 1995년부터 2년간 濟州道農村振興院 試驗圃場 비닐하우스내에서 遂行되었다.

2. 養液栽培 시스템

감자 소규모생산에 적합한 養液栽培方式을 究明하기 위해서 噴霧耕, NFT(Nutrient Film Technique)方式 및 固形培地耕을 검토하였다. 시험에 공시한 묘는 1995년 9월 5일 순화상에 옮겨 10월 20일에 삽목하여 양액

재배상에 치상하였다.

분무경과 NFT方式은 栽培床을 400(길이)×60(폭)×25cm(높이)의 규격으로 FRP로 제작하여 양측 내부에 20mm두께의 스티로폼을 붙이고 흑색 P.E필름을 깔아 防水와 暗條件을 維持하였다. 噴霧耕 栽培方式은 재배상 内部에 직경 20mm PVC 파이프를 30cm 간격으로 2줄 설치하고 각 파이프에 60cm 간격으로 10度 上向 360度로 噴射되는 미스트 노즐(최대 분사량 1.2 l/min)을 交互로 설치하였다. 분사는 1/4HP의 모터펌프를 이용하여 養液이 根圈에 충분히 噴霧되도록 하였으며 5분간격으로 30秒間 분무 되도록 타이머를 조절하였다.

NFT방식은 분무경 방식과 同一한 規格의 재배상에 정식하여 植物体の 뿌리가 伸長함에 따라 定植板 높이를 5cm, 15cm, 25cm로 조절하였다. 養液供給은 ¼HP의 모터펌프로 養液을 계속 순환 시켰으며 栽培床 끝에 직경 10cm 정도의 排水溝를 만들고 養液의 흐름 두께가 1cm 정도 되도록 높이를 조정하였고 구배는 1/100로 하였다.

固形培地耕은 200(길이)×40(폭)×20cm(깊이)의 스티로폼 상자에 흑색 P.E필름을 깔고 火山礫인 송이(scoria)와 펄라이트를 각각 채워서 점적호수를 설치하여 養液이 根圈에 충분히 供給되도록 하였다.

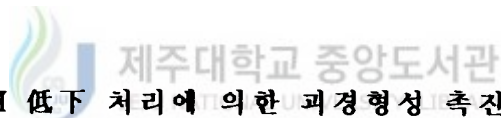
양액통은 1,000 l 용량의 플라스틱통을 栽培方式 별로 각각 설치하였다. 培養液은 <표1>과 같이 組成하여 3日 동안은 1/2농도로 공급하고 그 이후에는 全濃度로 供給하였으며 用水는 지하수를 사용하였다.

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

Macro-element(me/ ℓ)		Micro-element(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 4주부터는 塊莖形成을 유도하기 위하여 窒素濃度を 1/2 水準으로 낮추어 供給하였으며 全生育期間동안 培養液의 pH는 6.0~6.5, E.C는 1.2 mS/cm가 되도록 유지하였고 培養液의 溫度는 18℃가 넘지 않도록 하였다.

生育調査는 定植後 40일, 60일과 90일에 하였으며 塊莖數와 塊莖의 크기 分布는 定植後 90일에 調査하였다.



3. 培養液 pH 低下 처리에 의한 괴경형성 촉진

本試驗도 양액재배방식 시험과 같은 방법으로 器內에서 發根시킨 어린 組織培養 shoot의 馴化苗를 利用하여 1996년 9월 16일에 定植한후 分무경 방식으로 재배하여 1996년 12월 26일에 收穫하였다. 평상시 배양액 pH는 6.5 수준으로 일정하게 조절하였으며, 배양액 농도는 1.2mS/cm 수준으로 조절하였다.

培養液의 pH 處理는 定植後 35일에 午前 9時부터 午後 7時까지 各各 10時間 동안 pH 3.0, 4.0, 5.0과 6.5등 4개 水準으로 處理하였다. 處理方法은

1,000 l 의 양액통에 H₂SO₄, 0.5 N 용액으로 處理水準별로 pH를 調節하여 공급하였다. 處理後에는 養液을 새로운 것으로 交換해서 窒素濃度를 1/2水準으로 낮추어 공급하였다. 生育調査는 pH處理後 최초 塊莖形成 日數와 pH 처리후 55일에 수확과 함께 塊莖의 크기 分布를 조사 하였다.

4. 小塊莖의 採取間隔 試驗

조직배양 유묘를 馴化 生長시켜 7~8cm 길이로 삼수를 채취하여 분무경 재배상에 1996년 9월 16일에 정식 하였다.

小塊莖의 採取間隔은 小塊莖을 씨감자 生産에 利用할 수 있는 最少 크기를 3g으로 보고 3g以上の 小塊莖을 정식후 45 일부터 90일까지 각각 5日, 10日, 15日 間隔 採取와 정식후 90일에 일시채취등 4처리를 두어 生育과 收量을 調査하였다.



5. 양액재배로 생산된 小塊莖의 포장시험

養液栽培에서 生産된 小塊莖을 크기별로 分類하여 봄과 가을 2회 栽培하였다.

봄재배는 前年度 가을에 養液栽培로 生産된('95.12.20) 소괴경을 1996년 2월 6일포장에 파종하여 5월 7일에 수확 하였고, 가을재배는 당년도 봄에 養液栽培로 生産된('96. 5.20) 小塊莖을 8월 7일에 파종하여 11월 7일에 수확 하였다. 小塊莖의 크기는 1g미만, 3~5g, 5~7g, 10~12g과 15g이상

등 5등급으로 分類하여 評價 하였다.

봄재배는 재식거리를 $60 \times 20\text{cm}$ 로 하여 백색 P.E 필름을 피복하였고, 가을재배는 봄재배와 동일한 재식거리에 무피복 상태로 재배하였다. 기타 栽培方法 및 生育과 수량 調査는 農振廳 기준에 준하였다.(농진청, 1989)

6. 糖, 澱粉 含量 분석

糖含量은 양액재배에서 생산된 감자 소피경을 크기에 따라 1~3g은 小, 5~7g은 中, 15g 이상은 大로 분류해서 20°C 常溫에 10일, 30일, 60일 동안 저장한 후 장기간별로 착즙하고 $0.45\mu\text{m}$ membrane filter 로 여과한 후 HPLC를 이용하여 sucrose, glucose, fructose 함량을 측정하였다. HPLC의 조건으로는 carbohydrate analysis column(Waters 410. U.S.A.) 과 RI detector를 이용하였으며, column과 detector 온도는 각각 40°C 와 35°C 로 하였다.

澱粉은 당함량조사 시료와 동일조건으로 피경을 크기에 따라 105°C 의 乾燥箱에서 3시간동안 수분을 증발시킨 시료를 유발과 유봉으로 마쇄한 다음 Somogyi-Nelson법(Somogyi,1952)에 의해 추출하여 spectrophotometer(HEWLETT PACKARD, U.S.A)로 흡광도를 측정하여 환원당을 정량했으며 여기에 유리 환원당량을 백값에 0.9를 곱하여 전분함량을 定量하였다.

IV. 結果 및 考察

1. 養液栽培 시스템

감자 養液栽培에 가장 效率的인 栽培方式을 究明하기 위하여 분무경, NFT와 펄라이트 및 송이(scoria) 등 배지경을 비교시험한 결과는 표 2와 같다.

定植後 40日, 60日 및 90日째에 지상부의 莖長과 莖數는 噴霧耕이 NFT와 송이(scoria) 및 펄라이트 培地耕에 비하여 생육이 가장 良好하였다.

Table 2. Effect of hydroponic systems on stem length and number of lateral stems of 'Dejim' potato.

Hydroponic system	Stem length(cm)			No. of later stems per plant		
	40 ^{z)}	60	90	40	60	90
Aeroponics	26.2a ^{y)}	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	1.0c	2.8d	3.2d

^{z)}Days after planting.

^{y)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

莖長에 있어서 噴霧耕은 정식후 40일에 26.2cm로 scoria 10.8cm 및 perlite 13.2cm보다 생장이 월등히 빨랐으며, 정식후 60일 및 90일까지 10cm 이상 차이를 나타내었다. 측지발생에서도 분무경은 정식후 40일, 60일, 90일에 각각 2.4, 6.2, 7.3개로 NFT와 펄라이트 및 송이(scoria)에 비하여 많았다. 특히 순수수경인 분무경과 NFT가 배지경인 송이(scoria) 및 펄라이트 보다 월등히 생장이 빨랐다. 또한 배지경인 펄라이트와 송이재배에서는 순수수경에 비하여 정식후 활착에 소요되는 기간이 길어짐으로서 생육이 부진하였는데 이는 근권의 기상환경 영향에 기인되었을 것으로 사료된다. 이와같은 결과는 근권 부위에서 이루어지는 양분과 수분의 흡수가 배지경보다는 순수경이 유리하고 순수경중에서도 분무경이 더 유리한 것으로 결론지을 수 있다.

양액 栽培方式에 따른 지하부의 匍枝 生長을 보면 Fig.1 및 2와 같다. 복지길이에 있어서 양액재배 시스템 간에는 큰 차이를 나타내었으나 정식후 60일과 90일 간에는 큰 차이가 없었다. 즉, 분무경은 복지길이가 27.2~30.4cm로 NFT 및 두 종류의 배지경에 비하여 길게 나타나 지상부 줄기의 성장과 비슷한 경향이였다. 그리고 株當 측지발생수는 養液栽培 시스템간에 차이는 크지 않았으나 NFT 재배가 정식후 60일과 90일에 각각 9.7개와 10.5개로서 다른 재배시스템 보다 약간 많았다.

이상의 養液栽培 시스템간에 匍枝生長 結果로 볼 때 匍枝의 生長은 지하부가 노출된 부분의 습도가 높은 環境이 좋았고 匍枝數의 증가는 匍枝 發生 部分이 물속에 잠기게 하는 것이 유리한 것으로 판단되었다. 또한 복지의 발생과 신장은 정식후 60일 이전까지 주로 이루어지고 그 이후 塊莖 肥大期에는 거의 정지되는 것으로 판단되었다.

噴霧耕은 뿌리전부 혹은 일부가 공기중에 노출되도록 하여 양액을 분무

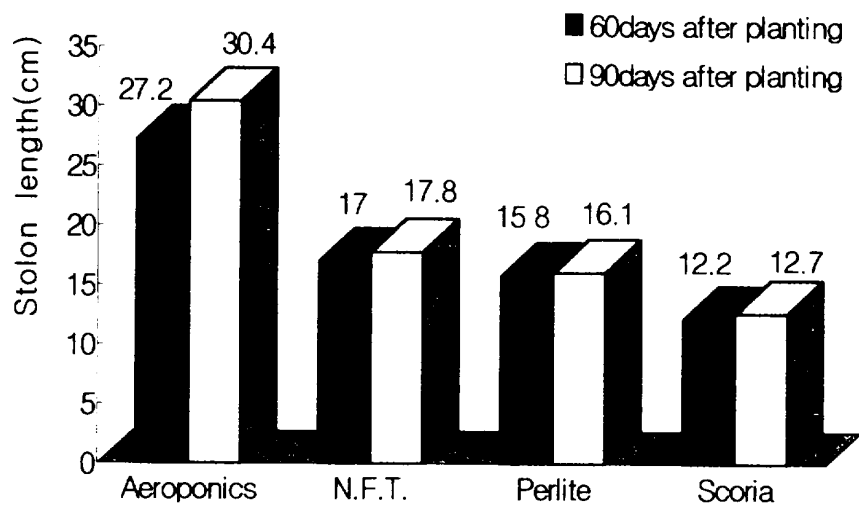


Fig. 1. Effect of hydroponic systems on stolon length of 'Dejima' potato at 60 and 90 days after shoot setting .

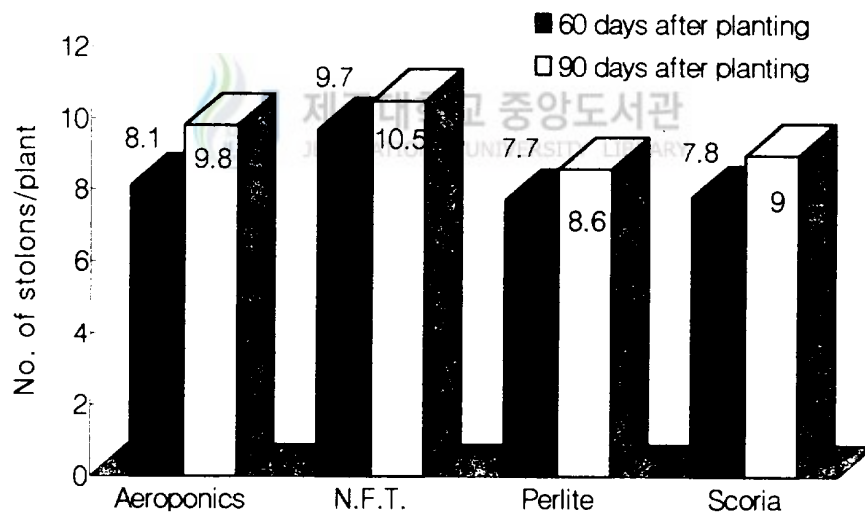


Fig. 2. Effect of hydroponic systems on number of stolon of 'Dejima' pototos at 60 and 90 days after shoot setting .

하거나 안개와 같이 포화시켜 栽培하므로 溶存酸素 問題를 해결할 수 있는 장점이 있다. 또한 噴霧耕栽培는 일반 水耕栽培와는 달리 根圈의 산소가 풍부하고 수분 이용효율이 極大化되어 生育이 旺盛해진다. 특히 噴霧耕에서는 根毛의 發達이 현저히 좋았는데, 분무조건과 분사되는 양액의 粒子크기 등에 따라 식물의 생육에 영향을 주는 것으로 알려지고 있다 (鄭 等, 1995).

鄭 等(1993)에 의하면 토마토는 10분 간격으로 30초간 분무했을 때 생육이 좋았고, 孫 等(1994)은 국화의 發根 실험에서 10분 간격으로 60초간 분무했을 때 발근율이 좋았다고 하였다. 한편 분무경은 뿌리가 공기중에 노출되어 緩衝能이 거의 없기 때문에 환경변화에 敏感하고 주기적인 분무로 인한 物理的인 刺戟이 심하여 作物에 따라서 생육 차이가 있을 것으로 推定된다.

NFT는 薄膜狀態로 흐르는 양액에서 작물을 재배하므로 근권의 통기가 적절히 유지되나 뿌리와 微生物에 의한 根圈의 산소 소비로 酸素의 부족이 야기될 수 있다.

고형 培地耕은 순수수경과 토경재배의 中間적 性격을 갖고 있어 배지내 通氣로 酸素供給이 좋고 뿌리를 지탱하는 힘이 있으며 뿌리로의 수분공급을 조절할 수 있어서 果菜類 재배에 많이 이용된다.

감자 양액재배 시스템별 株當 塊莖數와 괴경크기별 分布는 表 3과 같다. 주당 塊莖數는 噴霧耕에서 株當 67.1個, NFT에서 62.5個로서 송이 18.0개, 필라이트 20.1개에 비하여 월등히 많았다. 塊莖크기별 분포는 씨감자 生産에 利用될 수 있는 塊莖의 크기를 3g 以上으로 볼때 3g 以上 주당 塊莖수는 噴霧耕에서 48.8개, NFT 39.1개, 송이 15개, 필라이트 11.6개로써 순수수경이 고형배지경 보다 많았고, 순수수경 중에서는 분무경이 NFT보다는 많았다.

Table 3. Effect of hydroponic systems mini-tuber yield of 'Dejima' potatos.

Hydroponics system	Tuber weight distribution						No. of total tubers per plant	Enlarge-ment of lenticel
	<1g	1~3g	3~5g	6~10g	10~20g	>20g		
Aeroponics	13.4	4.9a ²⁾	22.6a	10.3a	7.6a	8.3a	67.1a	yes
N.F.T	12.5	10.9b	14.7b	9.6a	7.1a	7.7a	62.5b	yes
Scoria	—	3.0c	2.0d	6.0b	2.0b	5.0b	18.0c	no
Perlite	—	3.2c	4.2c	5.6b	1.8b	5.3b	20.1c	no

²⁾Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

한편 固形培地耕에서 生産되는 小塊莖은 皮目發生이 적어 분무경이나 NFT 시스템보다 良質의 塊莖이 生産되어 금후 괴경수 및 收量性 向上을 위한 技術開發에 대한 검토가 필요한 것으로 생각된다.

이와 같이 감자 양액재배 시스템에 따라 생육과 괴경 수량에 차이가 나타나게 되는 것은 지하부 근권부위의 환경차이에 따른 養分의 吸收 및 생육조건의 영향으로 생각된다. 씨감자 생산용으로 이용이 가능한 塊莖의 크기를 $5 \pm 2g$ 정도가 좋다고 볼 때 너무 크거나 작은 塊莖을 收穫하는 것은 바람직하지 않을 것으로 판단되므로 괴경수의 증대와 크기의 균일도 향상에 대해서 계속 검토되어야 할 것이다.

감자의 塊莖形成과 肥大는 生長調節物質의 變化와 關聯이 있는데 Sattlemacher와 Marschner(1978b)은 감자 養液栽培에서 질소 供給의 中斷이 生長抑制物質의 增加를 가져오며 이에 따라 塊莖形成이 促進됨을 보고한 바 있고, 生長調節物質을 人爲的으로 調節하기 위하여 BAP,CCC를 莖葉에 撒布하여 塊莖形成을 誘導할 수 있다고 하였다. 養液栽培는 地

上部의 環境뿐만 아니라 根圈의 環境조절까지 가능하므로, 噴霧耕에서 양액의 분사량, 분사간격, 분사압력등에 의한 자극이 生長抑制物質의 生成을 刺戟함으로써 塊莖形成을 촉진할 수 있을 것으로 판단되었다.

이상의 시험결과로 볼 때 괴경수의 증대를 위해서는 根圈의 용존산소가 풍부하고 수분 이용효율을 높혀 근모발달이 좋도록 근권환경을 조성해야 될 것이다. 그러므로 분무경이나 NFT 방식에서는 분무시간의 간격 또는 물흐름의 깊이 등이 좀더 구명되어야 할 것이며 배지경에서는 배지입자의 크기와 양액공급량 등에 대한 연구가 필요한 것으로 나타났다.



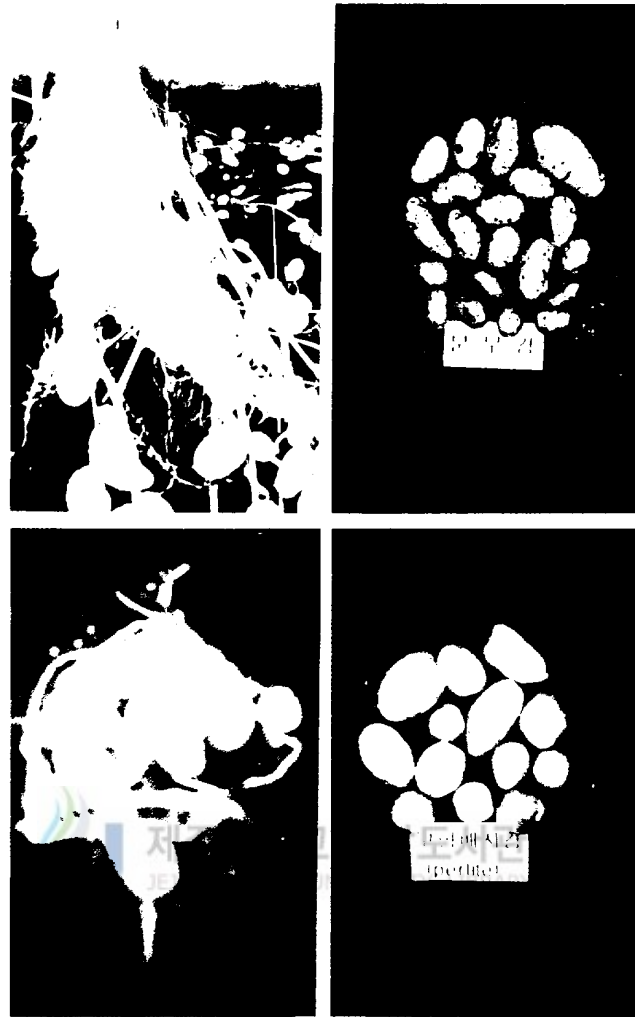


Fig. 3. Photograph showing mini-tuber setting of 'Dejima' potatoes grown in aeroponics and perlite media at 90 days after shoot setting.

Upper : aeroponics Lower : solid media(perlite)

2. 培養液의 pH 低下 처리에 의한 塊莖形成 促進

생육초기 營養生長이 충분히 확보된 정식 35일후 塊莖形成을 유도하기 위하여 培養液의 pH를 일시적으로 낮게 처리한 결과는 그림 4와 같다. 塊莖形成은 관행인 pH 6.5에 비하여 pH를 낮게 조절한 처리구에서 가장 빨리 형성되었다. pH 3.0 處理는 처리후 5일째부터 塊莖形成이 시작되어 처리후 20일까지 뚜렷한 增加를 보였다. pH 4.0처리는 pH 3.0에 비하여 小塊莖 形成이 3일 정도 늦었으나 처리 10일 이후에는 小塊莖 形成이 빨라 처리후 30일경에는 큰 差異가 없었다. 그러나 pH5.0처리는 처리후 10일에 小塊莖 形成을 발견할 수 있어서 無處理인 pH6.5와 비슷한 경향을 보였다.

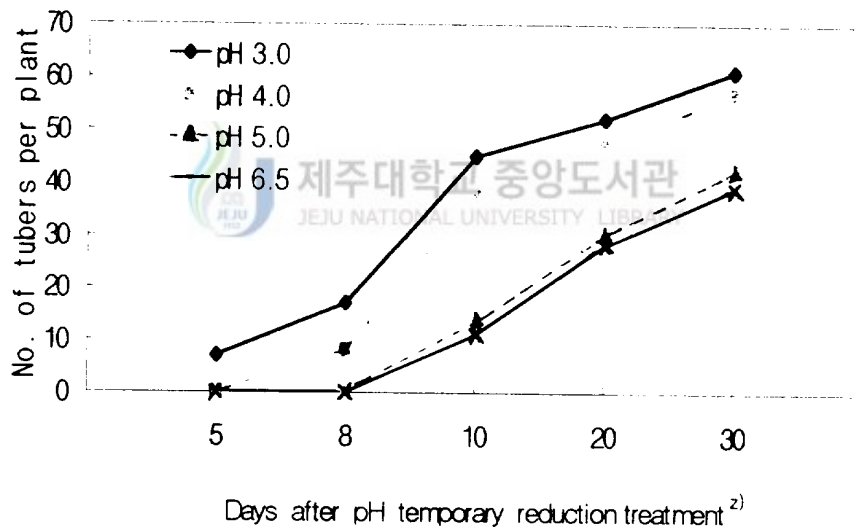


Fig 4. Effect of intermittent pH reductions of solution on tuber initiation.

²⁾Plants were subjected to pH3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days after shoot setting, and to pH6.5 constantly.

이러한 연구결과는 Wan 등(1994)도 pH의 간헐적인 저하에 의해 괴경형성이 촉진된다고 하여 유사한 결과를 나타냈으며, Cao와 Tibbitts (1994) 등도 pH 4.0에서 보다 pH 3.5처리구에서 小塊莖의 形成도 빨랐고 收量도 많았으나 pH 5.5에서는 收穫 2일前까지도 塊莖이 形成되지 않았다고 하여 본 연구 결과를 뒷받침하고 있다.

또한 줄기와 뿌리 및 匍枝의 生長은 表 4에서 보는 바와 같이 pH를 낮게 처리할수록 줄기와 뿌리의 乾物重은 낮았고, 小塊莖의 乾物重은 높았다. 이러한 결과는 pH가 낮게 처리될수록 뿌리와 줄기는 Stress를 받아 생장이 둔화되는 반면 생식생장은 촉진되어 괴경중이 증가됨을 알 수 있었다.

Table 4. Effect of intermittent pH reductions on dry weight of various parts of potato plants at 70 days after shoot setting.

Nutrient solution pH level	Dry weight(g/plant)				
	Stems	Stolons	Roots	Tubers	Total
3.0 ^{z)}	36.2b ^{y)}	9.8b	8.5c	17.2a	71.7b
4.0	60.5a	11.4a	9.7a	15.0b	96.6a
5.0	65.0a	12.8a	11.0a	14.1b	102.9a
6.5	63.1a	11.9a	11.3a	14.7b	101.0a

^{z)}Plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days after shoot setting, and to pH6.5 constantly.

^{y)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

한편 낮은 pH 처리에서는 1차 복지에서 2차 복지의 발생을 촉진 함으로
서 괴경수의 증대 가능성을 나타내었다(그림 5와 6).

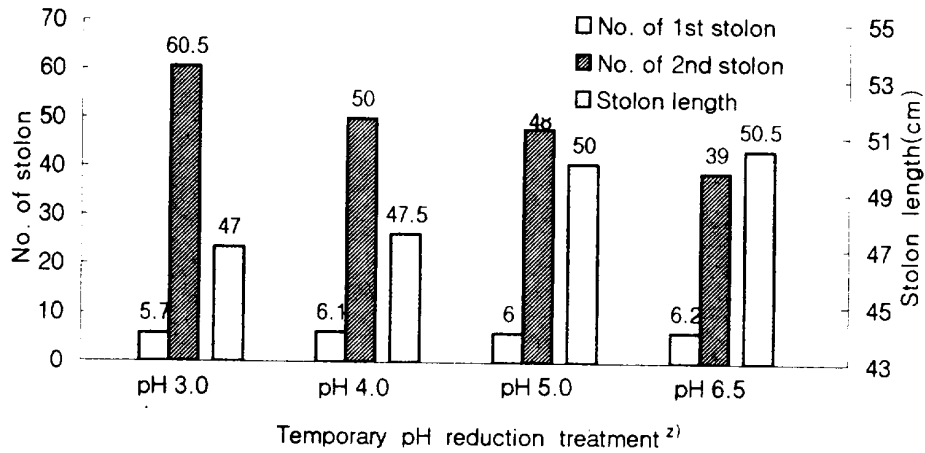


Fig.5. Effect of intermittent pH reduction on number of stolons and stolon length of 'Dejima' potatoes at 90 days after shoot setting.

²⁾Plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days after planting, and to pH 6.5 constantly.



Table 5. Effect of intermittent pH reduction on tuber yield of potatoes grown aeroponically at 90 days after shoot setting.

Nutrient solution pH level ²⁾	No. of tubers per plant	Weight per tuber (g)	Tuber weight per plant (g)
3.0	72.1a ^{y1)}	4.5a	325.6a
4.0	69.8a	4.4a	307.8ab
5.0	65.2ab	4.4a	284.9ab
6.5	60.3b	3.7b	222.5b

²⁾Plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days shoot setting.

^{y1)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

감자 양액재배를 분무경 시스템으로 할 경우 1차 복지수는 6~7개가 발생되었지만 2차 복지수는 낮은 pH 3.0처리에서 60개 정도 발생되어 pH 6.5의 40개보다 많았다. 이와같이 2차 복지수가 많은 pH 3.0처리에서 괴경수가 증가되는 것으로 보아 괴경수 증가를 위해서는 2차 복지수는 증가시켜야 될 것으로 판단되었다.

한편 복지길이는 pH 처리간이 차이가 없는 것으로 보아 복지의 신장은 정식후 35일 이전에 이루어지는 것으로 알 수 있었다.

정식 35일 후 일시적인 pH처리결과 괴경수와 수량은 표 5와 같이 주당 괴경수에 있어서 pH3.0과 4.0처리는 각각 72.1 개와 69.8개로서 pH5.0 및 6.5에 비하여 괴경수를 증가시켰다. 또한 괴경수의 증가가 주당 총괴경중의 증대에 직접적인 영향을 미치게되어 pH3.0과 4.0 및 5.0 처리가 pH6.5로 계속 유지하는 것 보다는 높은 수량을 나타내었다.

또한 괴경 크기별 분포에서도 (표 6) 총괴경수와 마찬가지로 포장 재배가 가능한 3g 이상의 소괴경수가 pH3.0과 4.0처리에서 57.9와 55.5개로 pH5.0 및 6.5보다 많았다.

이와 같이 영양생장이 확보된 후 일시적으로 pH를 낮게 처리함으로써 괴경 형성과 비대축진이 가능하였다. 그리고 감자 양액재배시 괴경 크기별 분포를 볼 때 1~3g 범위의 괴경이 60% 이상을 차지함으로 이들 괴경들은 포장 재배에 가능한 크기인 3g 이상으로 증대시키는 기술개발 연구가 필요한 것으로 생각된다.

Table 6. Effect of intermittent pH reduction on tuber weight distribution of the aeroponically grown potatoes at 35 days after shoot setting.

Nutrient solution pH level ²⁾	Weight distribution (%)					
	<1g	1~3g	3~5g	5~10g	10~20g	>20g
3.0	20.0b ^{y)}	22.2b	18.8c	15.4c	11.4a	12.3a
4.0	21.1b	23.4ab	20.9b	19.3a	8.0b	7.3b
5.0	25.2a	24.0a	20.5b	17.2b	6.1b	7.0b
6.5	24.4a	25.1a	22.4a	15.3c	5.9b	7.2b

²⁾Plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days planting.

^{y)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

本 試 驗 中 低 pH 處 理 時 小 塊 塊 形 成 速 度 及 數 量 均 較 多 的 結 果 已 經 報 告 過 (Wan 等, 1994; Cao 及 Tibbitts, 1994) 與 本 試 驗 結 果 一 致 的 有 關 於 高 pH 處 理 時 的 結 果 則 有 所 不 同 本 試 驗 中 生 育 期 間 中 氮 素 濃 度 的 調 節 是 引 起 這 種 結 果 的 原 因 之 一 Cao 及 Tibbitts (1994) 的 試 驗 中 是 在 植 株 後 期 至 採 收 前 一 直 保 持 一 定 濃 度 的 硝 酸 根 (120 ± 10 ml.min⁻¹) 的 供 給 而 本 試 驗 中 是 在 植 株 後 期 40 天 內 將 NO₃-N 6.0me/l 及 NH₄-N 1.0me/l 混 合 供 給 而 後 將 其 濃 度 減 半 供 給 因 此 小 塊 塊 形 成 的 效 果 有 所 不 同 本 試 驗 中 的 結 果 顯 示 出 來 的 是 植 株 的 養 分 吸 收 條 件 會 影 響 到 植 株 的 生 育 樣 相 而 pH 值 的 降 低 會 影 響 到 根 系 的 發 達 不 能 正 常 的 發 達 而 變 成 暗 色 的 根 端 部 位 會 變 成 暗 色 的 根 端 部 位 而 養 分 的 吸 收 會 受 到 影 響 而 地 上 部 與 地 下 部 的 生 長 不 均 衡 會 顯 現 出 來 本 試 驗 中 pH 3.0 處 理 區 的 平 均 小 塊 塊 大 小

켰는데 이것은 괴경의 형성이 다른 pH처리구보다 빠르게 이루어져서 肥大에 充分한 時間을 확보했기 때문에 사료된다. 이와같이 낮은 pH에서 괴경형성이 빠르게 이루어진 것은 뿌리의 손상에 의한 식물체가 Stress를 받아 괴경형성이 촉진 되었을 것으로 사료된다. 이상의 결과로 보아 감자 양액재배시 충분한 영양생장 후에는 괴경형성을 유도하기 위하여 pH3.0~4.0 범위로 일시적인 Stress를 주는 것이 효과적인 것으로 사료되었다.



Fig. 6. Photograph showing mini-tuber settings upon different intermittent pH reductions. pH 3.0, 4.0, 5.0 and 6.5 indicate that plants were subjected to pH 3.0, 4.0 and 5.0 for 10 hours at 35 days after planting, and to pH 6.5 constantly.

3. 小塊莖의 採取間隔 試驗

養液栽培에서 生産된 小塊莖을 씨감자 生産에 이용하기 위해서는 適合한 크기가 3g 以上 7g 以下 정도가 좋다(姜과 金, 1995)고 보고한바 있으므로 너무 크거나 작은 塊莖을 收穫하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 어느 정도의 크기에서 段階別로 收穫하여 養分을 보다 늦게 형성된 괴경 쪽으로 축적을 誘導함으로써 適正 크기의 괴경이 大量生産될 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 3g 이상 크기의 소괴경을 일정한 간격으로 채취한 후 정식후 90일에 지상부 생육상태를 조사한 결과는 표 7과 같았다.

Table 7. Effect of tuber-picking intervals on the growth status of 'Dejima' potatoes grown aeroponically from 45 days after shoot setting.

Picking interval	Stem length(cm)	Stem diameter(mm)	No. of branches per plant	Fresh weight (g/plant)	
				stem	Root
Control ^{z)}	31.2a ^{y)}	4.6a	7.1a	108.3a	22.5c
5 days	32.0a	4.6a	8.1a	111.3a	24.2a
10 days	31.6a	4.7a	7.3a	109.9a	23.3a
15 days	30.2a	4.5a	7.7a	104.1a	23.9a

^{z)}One time picking at harvesting time(90 days after shoot setting).

^{y)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

소괴경 채취간격에 따른 경장, 경경, 측지수 및 생체중 등 지상부 생육에는 통계적인 유의차가 없었던 것으로 보아 이미 굵어진 괴경을 조기에 채취함으로써 동화물질이 괴경비대에 계속 이용됨을 알 수 있었다.

그리고 무처리에서도 괴경채취간격과 차이가 없었던 것은 정식후 40일까지 질소성분을 $\text{NO}_3\text{-N}$ 10.0me/l 와 $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.2me/l 로 공급한 후 괴경형성을 촉진하기 위하여 窒素量을 半減해서 栽培함으로써 地上部 生育이 둔화되었던 것으로 思料된다.

塊莖採取 간격에 따른 匍枝數와 匍枝長의 變化는 그림 7과 같이 匍枝長이는 採取 간격이 길수록 짧아지는 傾向이며, 匍枝數는 10일 간격 채취가 가장 많았으나 처리간에 통계적인 유의차는 없었다.

복지길이가 5일간격 채취에서 가장 길었고 채취간격이 넓을수록 짧아진 것은 자주 괴경채취가 이루어짐으로서 동화물질이 괴경에 축적되지만 일부는 1차 복지신장에도 이용되는 것으로 사료되었다.

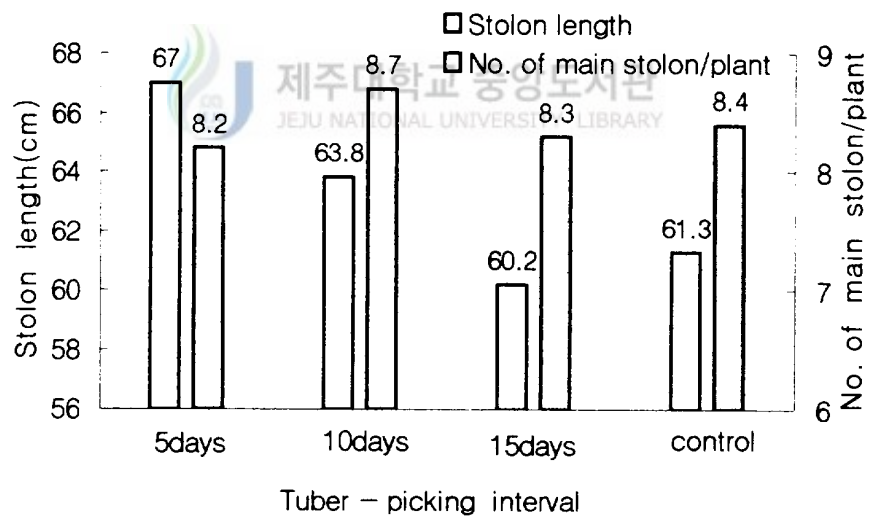


Fig.7. Effect of tuber picking intervals on the number of stolons of 'Dejima' potatoes at 90 days after shoot setting.

소괴경 採取간격별 塊莖重과 塊莖數 및 塊莖크기 分布率을 보면 表8과 같았다. 株當塊莖數는 採取간격이 짧을수록, 증가되었고 괴경중은 채취횟수가 많을수록 감소되는 경향이였다. 塊莖크기 分布率은 3g 이하가 5일간격 採取에서 54.7%로 가장 많았고, 3~10g 크기의 塊莖은 10일간격 採取에서 65.8%, 10g 이상의 괴경은 정식 90일후 일시 채취한 것에서 28.7%로 가장 많은 分布를 보였다.

Table 8. Effect of tuber picking interval on tuber yield and tuber-weight distribution of 'Dejima' potatoes grown in aeroponics for 90 days.

Tuber-picking intervals	No.of tubers /plant	Tuber weight (g/plant)	Tuber weight distribution rate(%)		
			<3g	3~10g	>10g
control ^{z)}	42.5d ^{y)}	308.9a	23.1d	48.2c	28.7a
5 days	68.2a	195.0d	54.7a	45.3d	0d
10 days	51.2b	247.6c	32.2b	65.8a	2.0c
15 days	47.2c	272.0b	42.8c	51.5b	5.7b

^{z)}One time picking at harvesting time(90 days after shoot setting).

^{y)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

특히 5日 間隔 採取에서 株當 塊莖數는 많았으나 株當 塊莖重이 적었던 것은 塊莖 肥大後 塊莖採取間隔이 짧을수록 3次, 4次 匍枝가 發生되어 塊莖이 形成되므로 塊莖肥大에 充分한 期間이 확보되지 않아 3g 未滿의 塊莖數가 많았고 株當 塊莖重도 낮아졌던 것으로 사료된다.

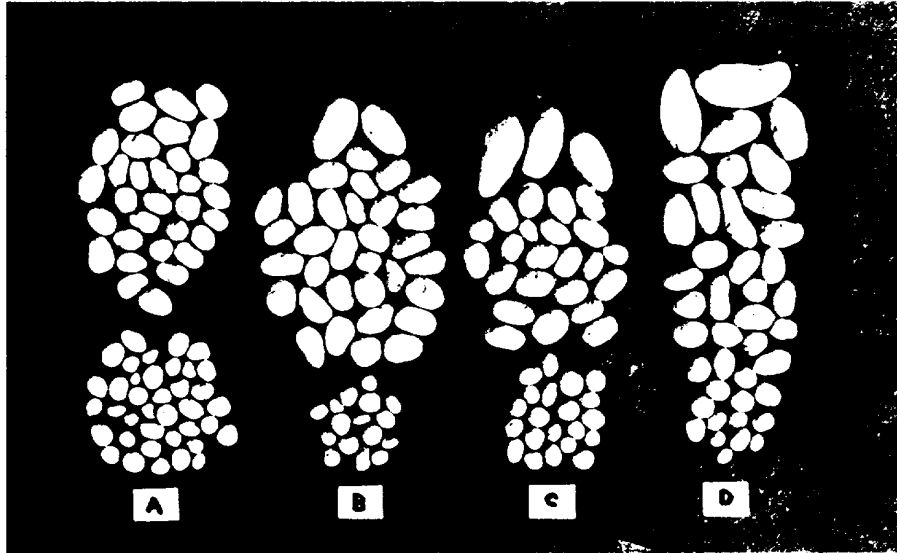
土壤栽培에서 감자는 出現과 함께 匍枝가 發生되어 水平으로 자라며 匍

枝數와 길이는 着蕾期를 지날때까지 증가되나 匍枝의 發生과 伸長의 주요시기는 生育初期이다. 早生種은 出現後 10~15, 晩生種은 出現後 15~25일이며 길이는 품종에 따라 차이가 있으며 긴 것은 20cm에 달해서 일반적으로 키가 큰 品種이나 晩生種은 匍枝의 길이가 길고 早生種은 匍枝가 빨리 發生하는 傾向이 있다고 하였다(朴과 朴, 1985). 또한 朴과 朴(1985)은 匍枝의 種類를 地下主莖에서 최초로 發生한 初生匍枝와 같은 마디에서 늦게 發生한 後生匍枝가 있으며 다시 이것들은 地下主莖에서 직접 發生한 1次 匍枝와 1次 匍枝에서 分岐하여 發生한 2次 匍枝로 나뉘어지며 1次 匍枝는 4~6本이 發生된다고 하였다.

本 養液栽培試驗에서는 1차 복지수가 주당 8개 내외였고 괴경채취의 유무와 채취간격에 관계없이 匍枝의 길이가 60cm 이상이나 되었다.

이와 같은 結果는 土壤栽培인 경우 匍枝의 發生과 伸長이 出現後 15~20일 사이에 이루어지고 괴경이 형성된 후에는 더 이상 복지의 형성과 신장이 이루어지지 않으나 양액재배에서는 계속해서 복지가 발생되면서 늘어나가는 양상을 보였다. 양액재배에서는 복지가 莖插된 줄기 基部 가까운 곳에서부터 1차적으로 7~8개 發生하여 1차 匍枝에서 2~3개의 2차 匍枝가 發生되어 총 匍枝數는 18~20개였다(姜 等, 1995). 川上(1936)에 의하면 土壤栽培에서는 株當 匍枝數가 品種이나 環境에 따라 대개 株當 7~8개 發生하나 養液栽培의 경우 17~23개 정도로 匍枝數 發生이 많았다고 하였으며, 본시험에서도 같은 결과를 보였다. 金 等(1993)은 養液栽培에서 生産된 小塊莖을 크기별로 土壤에 栽培해서 生産된 塊莖을 씨감자로서 活用하기 위해서 괴경의 크기를 조사해본 결과 5g 이상 크기의 소괴경은 노지포장에 심어도 30~80g 크기의 塊莖分布가 많아 씨감자 生産이 가능하다고 하였다. 따라서 감자 양액재배시 5g 이상의 균일한 괴경

을 많이 확보하기 위해서는 생육중에 피경채취가 가능하였으며 채취시키는 10일 간격으로 실시하는 것이 일정 크기의 피경확보를 증대시킬 수 있는 수단으로 사료되었다.



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Fig.8. Photograph showing tuber-weight distribution according to tuber-picking intervals of 'Dejima' potatoes grown aeroponically for 90 days. A, B and C indicate 5, 10 and 15 day picking intervals from 45 days after shoot setting and D indicates one time picking at harvesting time at 90 days after shoot setting.

4. 養液栽培로 生産된 小塊莖의 圃場試驗

가. 發芽 및 生育狀況

養液栽培에서 生産된 小塊莖을 상온(20℃)에서 저장하면서 수확후 경과 日數에 따라 소괴경의 크기별로 萌芽 상태를 調査한 결과는 그림 9와 같다.

小塊莖의 크기가 작은 것일수록 萌芽가 빨랐으며 지속적인 生長을 보였다. 대지품종의 경우 1g 크기의 小塊莖은 收穫後 25日이 지나면서 萌芽가 시작되어 30日에는 萌芽長이 2.5mm 정도가 되었다. 반면, 15g 크기의 小塊莖은 1g의 소괴경보다 20日이 늦은 45日째 부터 발아가 시작되었다.

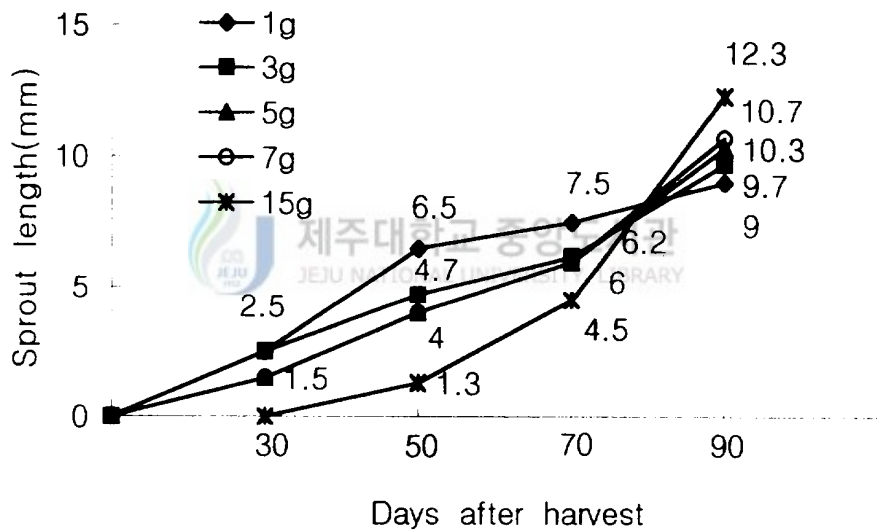


Fig. 9. Changes in sprout length of potato mini-tubers during storage at 20℃.

그러나 生長速度는 小塊莖의 크기가 클수록 빨라서 80日째에는 萌芽長도 길었다. 지금까지 토양재배에서 생산된 일반괴경(20~30g)은 괴경크기가 클수록 약간 빨리 萌芽되는 것이 일반적인 견해이었다. Davies(1990)는 괴경내 澱粉이 加水分解 되어 일차적으로 形成되는 sucrose의 量은 發芽率에 커다란 영향을 미친다고 발표했으며, Sowokinos(1977)도 收穫時 sucrose 含量이 높을수록 還元糖이 더 빨리 形成된다는 것으로 확인할 수 있었다고 한다. 이러한 점을 감안할 때 小塊莖의 크기가 작은 것이 發芽가 빨랐던 것은 炭水化物代謝가 빨라서 조기에 萌芽를 誘起되었을 것으로 추측된다(Fig. 12).

또한 Burton과 Wilson(1970)은 괴경이 形成되기 전에는 匍枝 끝에 還元糖과 sucrose의 含量 비율이 48.3이었고 괴경형성 직후(괴경형성 1日)에는 3.3, 괴경형성 5일에는 0.7로 떨어졌다고 하였다.

그림 10에서와 같이 수확직후 당함량을 보면 小塊莖의 크기에 관계없이 sucrose 含量은 높으나, 수확직후부터 30일까지 sucrose 含量은 괴경크기가 작을수록 낮아졌고, glucose 및 fructose 含量이 높았던 것으로 나타났다. 小塊莖의 크기가 큰 것이 glucose와 fructose 含量에 비해 sucrose 含量이 훨씬 높았으며, 작은 것은 glucose와 fructose 含量과의 차가 적었다. 이와 같은 結果는 塊莖이 肥大하기 시작할때는 거의 還元糖만이 있고 非還元糖은 극히 적으며, 塊莖의 肥大와 더불어 還元糖이 점차 감소되고 非還元糖이 점차 增加하여 휴면중에는 非還元糖이 還元糖보다 훨씬 많아진다. 그리고 휴면이 끝날때에는 이들 兩糖 모두 현저히 증가되나, 發芽, 生長함에 따라 이들 糖은 모두 소모되어 그 含量이 낮아지기 때문으로 판단된다.

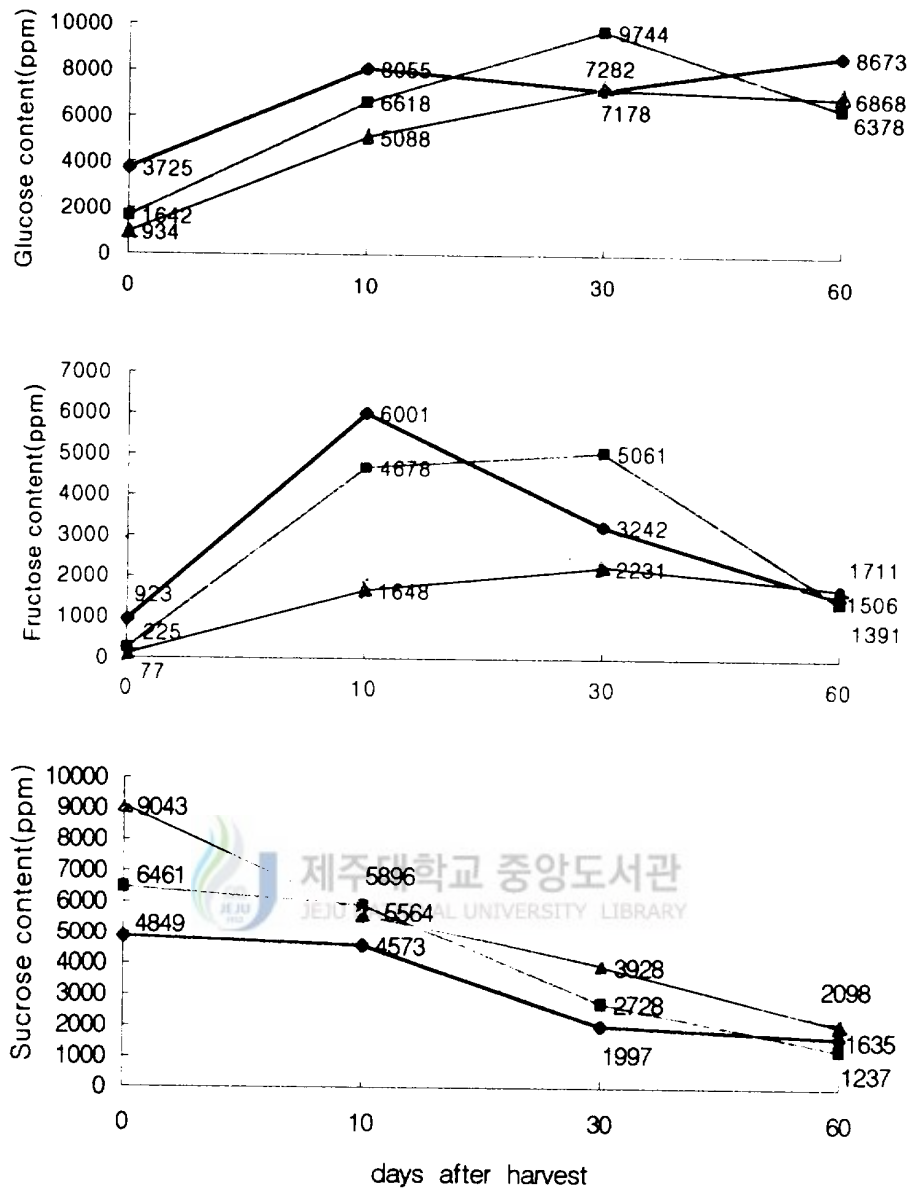


Fig. 10. Changes in glucose, fructose and sucrose content of potato mini-tubers during storage at 20°C.
 ◆ : Small(<3g), ■ : Medium(3~7g), ▲ : Large(15g<)

그림 11은 소괴경 크기별 수확후 경과일수에 따른 전분함량을 나타낸 것이다. 小塊莖의 크기가 작을수록 收穫後 10日부터 澱粉含量이 減少되고 30日째부터 더욱 크게 減少되었다. 중간크기와 큰 것은 60日 정도 경과된 후에야 澱粉의 減少幅이 뚜렷하여 糖化되고 있음을 보여주고 있다.

이러한 研究結果로 부터 光合成에 의하여 일반 씨감자에 축적된 澱粉은 加水分解되어 sucrose가 形成되며 이것은 發芽時 萌芽로 移動되어 다시 glucose와 fructose로 分解됨으로써 萌芽生長을 위한 에너지원과 初期의 基質로 利用된다는 것을 알 수 있다.

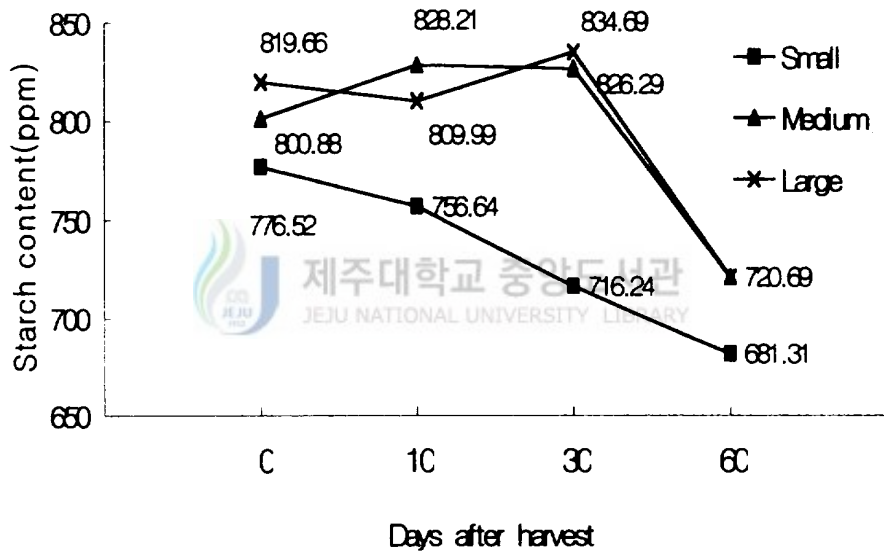


Fig. 11. Changes in starch content of mini-tuber weight during storage at 20°C.

감자의 지상부 生育은 씨감자에서 싹이 나와 草長이 約 25cm때까지 씨감자로 부터 養分供給이 계속되어 씨감자가 크면 초기生育이 왕성하고 줄기도 굵어지며 수량도 높은 것으로 알려져 있다.

養液栽培에서 生産된 小塊莖을 씨감자 生産에 活用하기 위해서 適正 小塊莖의 크기를 究明코자 養液栽培에서 生産된 小塊莖을 크기별 출현과 生育을 조사한 결과는 表11, 表12와 같다.

塊莖의 크기에 따른 萌芽의 出現은 괴경 크기가 클수록 늦은 경향을 나타내어 1g 크기가 15g 크기보다 봄재배에서 3일, 가을재배에서 5일 빨랐다. 출현율은 괴경이 클수록 높았으며 10g 이상은 100% 출현이 되었다. 株當莖數는 塊莖의 크기가 5g未滿은 2個 以下였고 5g以上은 2개 以上으로서 씨감자의 크기가 클수록 많아지는 결과를 나타내었다.

그리고 초장, 경경 및 잎의 크기도 씨감자의 크기가 클수록 크게 나타나 씨감자의 자체양분량이 生育초기 生育에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 감자는 收穫後 休眠을 하기 때문에 一定한 期間이 經過되어야 休眠이 打破되어 萌芽할 수 있으며, 休眠期間은 品種, 生育 및 貯藏條件에 따라 다르고 休眠期間의 算出은 塊莖이 着生된 始點부터 萌芽되는 期間까지 合計한 것이 正確한 算出方法으로 알려져 있다(朴과 朴, 1985).

본 시험에서 塊莖의 크기가 5g 未滿인 것이 出現所要日數는 짧았으나, 출현후의 生育이 늦은 것은 씨감자로부터 공급되는 영양분이 충분하지 못하여 맹아수가 적어지고 주당 경수도 감소되는 것으로 사료된다.

母薯의 萌芽는 塊莖의 크기와 成熟程度에 따라 出現되는 줄기수가 다르며 50g정도의 塊莖에서는 7~8個의 萌芽가 出現되며 塊莖의 크기가 작을수록 萌芽數는 적다는 결과에서도 확인될 수 있다(Moorby, 1967).

Table. 9. Effect of days to emergence and emergence rate in field cropping on mini-tuber weight.

Mini-tuber weight	Days to emergence (days)	Emergence rate (%)	No.of stems per plant
Spring cropping			
<1g	28b ²⁾	89.2c	1.2c
3~5g	28b	83.3d	1.9b
5~7g	29b	98.2b	2.4a
10~12g	30ab	100.0ab	2.4a
>15g	31a	100.0ab	2.5a
Fall cropping			
<1g	24c	82.9c	1.3c
3~5g	25c	91.9b	1.9b
5~7g	25c	93.1ab	2.1ab
10~12g	27b	98.0a	2.2ab
>15g	29a	96.2ab	2.4a

²⁾Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 10. Effect of mini-tuber weight on the growth of 'Dejima' potatoes in field cropping at 60 days after planting.

Mini-tuber weight	plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
Spring cropping				
<1g	11.5d ^{z)}	7.0d	20.0c	8.0d
3~5g	21.0c	10.0c	27.0b	8.7c
5~7g	23.0c	11.0b	27.0b	10.5ab
10~12g	29.0b	12.0a	27.0b	10.0b
>15g	40.0a	12.0a	28.0a	11.0a
Fall cropping				
<1g	39.6d	10.6d	26.2d	12.0b
3~5g	39.8d	10.2e	30.1c	12.3b
5~7g	50.6c	11.8c	34.6b	13.2a
10~12g	57.7b	12.9b	35.0a	12.9a
>15g	62.0a	13.3a	35.4a	13.0a

^{z)}Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



수확 후 60일

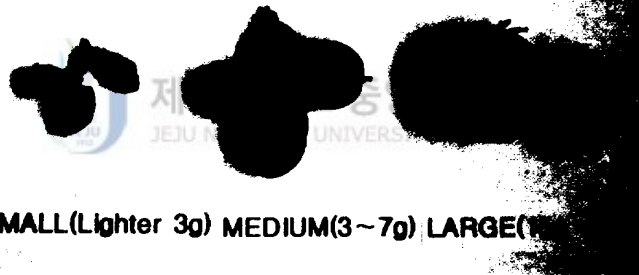


Fig. 12. Sprouting morphology of potato mini-tubers grown in hydroponics at 40 (upper) and 60 (lower) days after harvest²⁾.

²⁾90 days after shoot setting.

나. 收量性

양액재배산 씨감자의 크기에 따른 후대 株當塊莖數와 塊莖重은 포장재 배시 씨감자의 크기가 클수록 塊莖數가 많았지만 3~5g 이상에서는 큰 차이가 없었다(표13).

Table 11. Effect of mini-tuber weight on tuber yield of 'Dejima' potatos at 90 days after planting in field cropping.

Mini-tuber weight	No. of tubers per plant	Weight per tuber(g)	Tuber weight per plant (g)
<u>Spring cropping</u>			
<1g	9.4c ²⁾	5.0e	46.8d
3~5g	11.0b	27.6b	304.1b
5~7g	11.8b	21.2d	249.6c
10~12g	11.4b	32.0a	364.6a
>15g	13.4a	23.3c	312.8b
<u>Fall cropping</u>			
<1g	3.3c	53.2d	175.5e
3~5g	3.5bc	65.1c	227.9d
5~7g	3.9ab	70.8bc	276.2c
10~12g	3.5bc	83.2a	291.1b
>15g	4.1a	77.2ab	316.7a

²⁾Mean separation within column of crop by Duncan's multiple range test at 5% level.

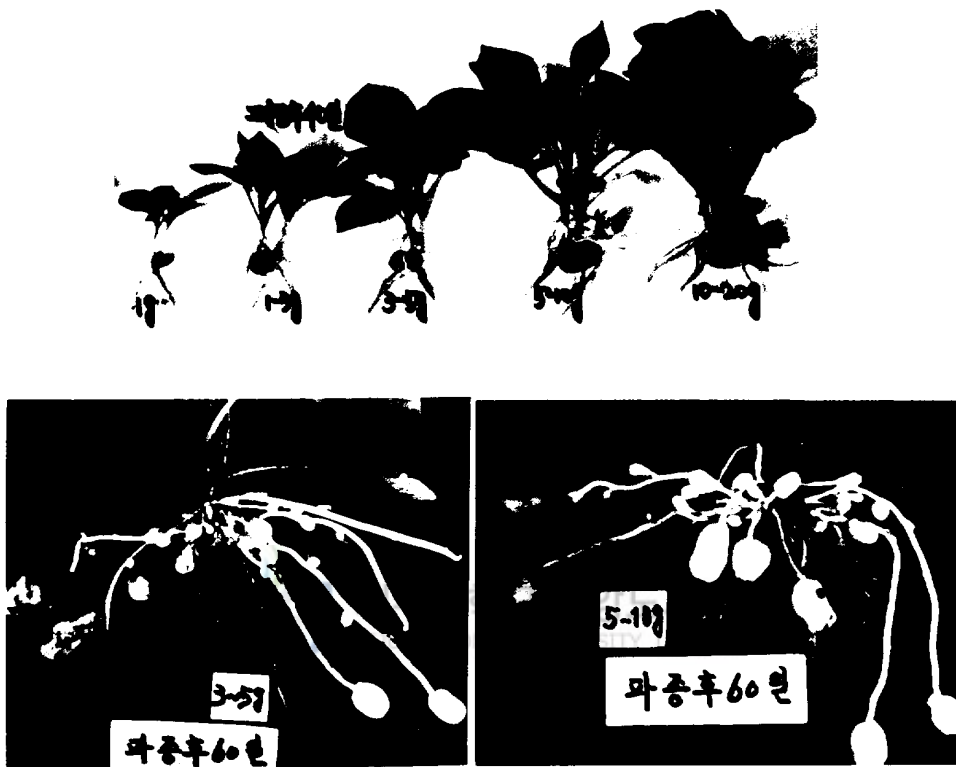


Fig. 13. Tuber settings of mini-tubers planted in field cropping at 40(upper) and 60 (lower) days after planting.

괴경의 평균중과 수량에서도 1g 이하를 제외한 3~5g 이상에서 씨감자 크기가 증가되는 경향이었지만 큰 차이가 없어 3g 이상 크기의 양액재배 소괴경은 포장재배에서 씨감자 생산에 큰 문제가 없을 것으로 사료되었다.

감자는 營養繁殖 作物이므로 多量의 씨감자가 소요되는데 씨감자의 效率的 利用을 위해서 씨감자를 切斷薯하여 이용하는 것이 관레이나 切斷 작업상의 勞力費와 virus를 비롯한 각종 傳染性 病原菌의 傳染, 播種後의 種薯腐敗 등의 問題가 야기되고 있다. 이러한 여러 가지 문제의 解決方法 으로서 可能한 種薯를 全薯로 播種하여야 규격서(30~250g) 생산에 유리 하며, 單位面積當 필요한 小薯의 生産確保가 가능하다고 할 수 있다.

Wurr(1972)도 種薯로서의 塊莖의 크기는 32~57mm보다 작은 것을 통감자 로 이용하는 것이 소서생산이 많아지고 單位重量當 경수의 確保로 收量을 增大시킬 수 있으며, 種薯選別, 運搬, 貯藏 등의 관리상에 있어서 損傷이 적 으며 건부병(dry-rot) 및 gangrene의 감염율을 적게 한다고 하였다. 그리고 소서생산을 많게 하기 위해서는 성숙기전에 莖葉을 제거하거나, 單位面積當 경수를 증가시켜야 株當 塊莖 着生數를 증가시켜 소서생산이 증가된다고 하 였다.

한편, Gregory(1956)도 1.5 inch 크기의 통감자는 同一한 크기의 切斷種薯에 비하여 增收되었으며 種薯 切片이 크고 切斷 횟수가 적을수록 收量이 많은데 切斷種薯의 경우 42g이 가장 理想的이라고 報告하였다. 愼 等 (1978)에 의하면 全薯가 切斷薯에 비해서 收量이 다소 많았으나 有意性이 없었으며 切斷薯 및 全薯 30g이 가장 經濟的인 크기로서 認定되었으며 그 以上の 크기에서도 收量의 增加는 認定되지 않았다고 하였다.

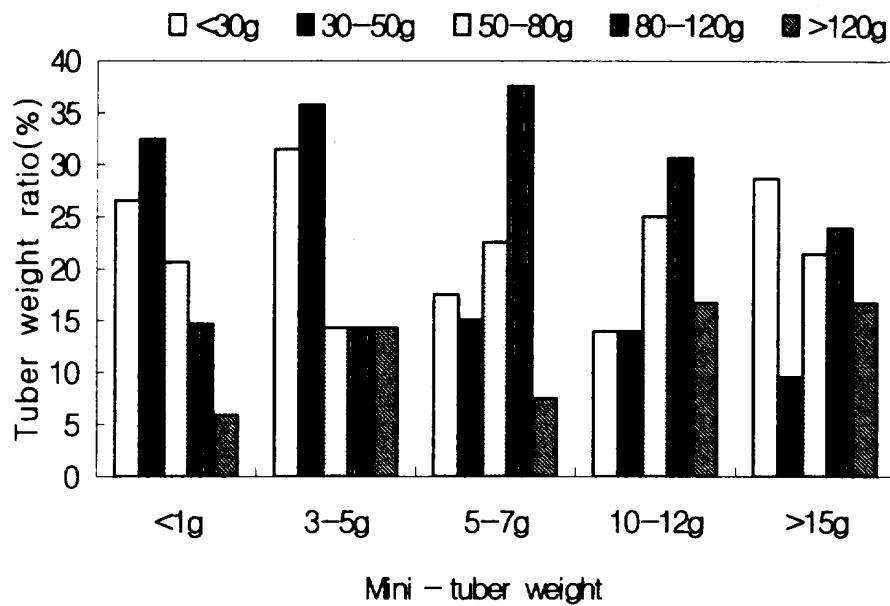


Fig. 14. Effect of mini-tuber weight on tuber weight distribution of seed potatoes in field cropping at 90 days after planting.

이처럼 養液栽培에서 生産된 小塊莖의 크기가 3g 이상이면 생육 및 총수량면에서 그 이상의 큰 괴경과 차이가 없었으나, 특히 소괴경을 5 ± 2 g 크기로 파종하였을 때 후대생산성은 30~80g 범위의 씨감자 생산 分布率(그림14)이 높았고 총收量도 많아 씨감자 生産에 가장 適合한 것으로 인정되었다. 따라서 養液栽培時 小塊莖의 크기가 5 ± 2 g 인 것을 多量 生産할 수 있는 栽培技術이 必要하리라 판단된다.

V. 綜合考察

本研究는 감자 小塊莖의 大量生産 方法과 그 利用法을 確立하기 위하여 養液栽培 시스템, 一時的인 pH 低下에 依한 小塊莖 形成촉진, 小塊莖의 採取間隔 등을 규명하였고 양액재배에서 생산된 小塊莖을 포장에서 재배하여 生育 및 收量性を 檢討하였으며, 小塊莖의 發芽特性을 究明하기 위해서 收穫後 貯藏期間에 따른 糖含量의 變化를 分析하였다.

감자 小塊莖의 大量生産에 適한 養液栽培 시스템은 噴霧耕方式이 NFT 方式과 송이(Scoria) 및 필라이트 등 培地耕에 비하여 良好하였다.

定植後 40日째의 生育狀況이 噴霧耕과 NFT 栽培方式이 송이와 필라이트 등 배지경에 비하여 2倍以上의 生長量을 나타냈었으며, 生育後期로 갈수록 그 차이는 점차 감소되었다. 噴霧耕方式은 定植後 90日에 莖長이 65.4cm, 株當측지수가 7.3개로서 가장 많았고 주당 괴경수도 67개로서 가장 많아 양액재배에 의한 소괴경 씨감자 생산에 가장 적합한 시스템이었다.

이와 같은 結果는 姜과 金(1995)이 보고한 바와 같이 감자는 地下部 根圈部位의 生育環境이 塊莖의 形成과 肥大에 큰 영향을 미치기 때문에 養液栽培 方式別로 生育 및 괴경 수량에 차이가 나타나는 것으로 생각된다. 따라서 근권부위의 용존산소를 풍부하게 하여 근권의 발달을 촉진함으로써 양수분의 흡수를 더욱 촉진해야 괴경생산 효율이 증대될 것으로 사료되었다.

감자 양액재배시 養液의 pH를 3.5로 낮추었을 때 小塊莖形成에 效果的인 것으로 밝혀졌는데(Wan 等, 1994; Cao와 Tibbitts, 1994), 본시험에서도 小塊莖形成이 pH3.0 처리에서 빨리 이루어져서 처리후 20일까지 뚜렷

한 증가를 보였다. 또한 낮은 pH 처리에서는 匍枝數는 많고 匍枝長은 짧아서 최종적으로는 소괴경수를 증가시키는 요인이 되었다. 그리고 낮은 pH 처리에서는 평균괴경중이 크게 나타났는데 이는 기준으로 되어있는 pH 6.5보다 塊莖形成이 빨리 이루어져서 肥大에 充分한 期間 확보가 가능하였기 때문으로 보인다.

이와같은 결과는 Wan 等(1994)도 유사한 배양액 pH수준을 일시적으로 pH3.5로 낮추었을 때 괴경수가 현저하게 증가한다고 하여 이를 확인하여 주었다. 이와같이 pH3.0 과 pH4.0 정도의 강산성 양액을 일시적으로 처리함으로써 괴경형성이 빠르게 이루어진 것은 강산성이 뿌리에 손상을 입혀 식물체가 Stress를 받음으로서 植物体内 生長抑制物質 형성의 증가에 의해서 괴경형성이 촉진되었을 것으로 사료된다.

감자 養液栽培에서 씨감자 生産에 이용될 수 있는 小塊莖을 大量生産하기 위해서는 어느 정도 크기에서 段階別로 收穫하여 늦게 형성된 塊莖쪽으로 양분축적을 誘導하는 것이 바람직하다고 생각된다.

金 等(1997)은 養液栽培에서 생산된 小塊莖을 크기별로 土壤에 재배한 결과 5g 크기의 小塊莖을 심어도 30~80g 크기의 塊莖分布가 많아 씨감자 生産에 適合한 것으로 인정된다고 하였다.

따라서, 本試驗에서는 3g 以上 크기의 小塊莖을 10日 間隔 採取한 것이 3~10g 크기의 小塊莖數가 많았고 均一度가 높은 괴경의 大量生産이 가능할 것으로 思料되었다.

괴경채취 간격이 5日 일때에는 株當 塊莖數는 많으나 株當 塊莖重이 적었던 것은 괴경이 3次, 4次 匍枝에 늦게 着生되어 괴경비대에 充分한 期間이 확보되지 않아 3g 未滿의 塊莖이 많이 發生됨으로서 全體的인 塊莖重은 낮아졌던 것으로 해석된다.

川上(1936)은 토양재배에서 감자의塊莖은 맹아후 20일부터 25일 사이에匍枝의先端에 형성되며 初生 1次 匍枝는 거의有效匍枝로 되어 80~90% 塊莖을 形成하고, 後生 1次 匍枝는 5~20% 만이 괴경형성이 되었고 잔여 匍枝는 生育 末期에 위축되거나 枯死하여 消失된다고 하였다. 그러나 본 양액재배 시험에서는 3次, 4次 匍枝에서도 塊莖이 形成되어 토양재배와는 상이한 결과가 나타났다.

감자의 生育은 감자뿌리가 地上部에 出現直後까지는 주로 씨감자내 養分에 의하여 이루어지므로 씨감자가 크면 初期生育이 旺盛하고 줄기도 굵어지며 收量도 높은 것으로 알려져 있다.

감자 양액재배에서 생산되는 소괴경은 크기가 다양한데 塊莖의 크기에 따른 萌芽의 出現은 1g이하의 塊莖이 28日로서 15g以上인 것에 비하여 3~5일이 빨랐다. 이는 토양재배에 비하여 양수분의 흡수조건이 유리하므로 탄수화물 대사가 빨라서 조기에 발아가 誘起되었을 것으로 생각된다.

양액재배에서 생산한 씨감자를 포장 재배했을때 出現率은 塊莖이 클수록 높아 1g 이하는 89%, 33~7g은 10g이상은 100% 出現이 되었다. 株當莖數는 塊莖의 크기가 5g未滿은 2個 以下였고 5g以上은 2개 以上이었다. 그리고 소괴경의 크기가 3g이상이면 생육과 수량면에서 그 이상의 큰 괴경과 큰 차이가 크지 않았으며, $5 \pm 2g$ 크기가 30~80g 크기의 씨감자 생산에 효과적이었다.

收穫直後에는 小塊莖의 크기에 관계없이 sucrose의 함량이 높았으며 이는 기간이 경과됨에 따라 점점감소되었다. glucose와 fructose는 小塊莖의 크기가 작은 것이 收穫後 日數가 경과됨에 따라서 그 함량이 빨리 감소되고 있다.

감자 塊莖에서 sucrose, glucose, fructose 등의 정량적인 차이는 遺傳

의인 特性 뿐만 아니라 재배기간중의 環境條件에 의해서도 생길 수 있다고 하였다.(Arreguin-Lozano 와 Bonner, 1949)

감자양액재배는 食用을 目的으로 하는 土壤栽培와는 달리 씨감자 생산에 活用할 小塊莖 생산을 目的으로 水分이 포화된 상태에서 塊莖이 形成 肥大되기 때문에 탄수화물의 대사와 糖의 定量的인 차이가 나타날 수 있다고 思料되었다.

지금까지 일반씨감자의 발아과정에서 탄수화물 대사에 관한 연구가 많이 발표되었으나(Arrrguin-Lozano 와 Bonner;1949, Burton 와 Wilson; 1978, Davies;1990, Samotus 等;1974) 養液栽培에서 생산된 小塊莖에 대해서는 알려진 바가 없다. 따라서 本試驗은 養液栽培에서 생산된 감자 塊莖의 高形物 變化가 發芽에 미치는 影響을 究明코자 실시한 결과 小塊莖은 收穫 日數가 경과함에 따라 sucrose 함량은 減少되는 반면 glucose, fructose 함량이 增加하여 전체 糖含量이 增加되었다. 이와 같은 결과는 小塊莖의 크기가 작은 것일수록 糖의 대사가 일찍 進行되어 發芽를 誘起했으며 發芽를 위한 澱粉의 代謝과정에서 萌芽로 移動되는 糖의 形態는 sucrose이고 실질적인 基質로 移用되는 것은 glucose와 fructose라는 것을 알 수 있었다.

VI. 摘 要

養液栽培를 통하여 감자 小塊莖 大量生産方法과 그 利用法을 確立하기 위하여 養液栽培方式, 一時的인 pH 低下 效果, 小塊莖의 採取間隔, 小塊莖의 圃場生育 및 收量性과 小塊莖의 收穫後 저장기간에 따른 固形物의 變化 등을 檢討하고 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 養液栽培方式에 의한 소괴경 형성

- 가. 지상부의 경엽과 복지 생장은 噴霧耕方式이 NFT 方式이나 고행배 지경에 비하여 월등히 빨랐으며 복지수는 NFT 재배방식이 많았다.
- 나. 정식후 90일에 주당괴경수는 분무경에서 67.1개로, NFT, 펄라이트, 송이배지경 보다 많았다.
- 다. 3g 이상의 塊莖分布는 噴霧耕이 72.7%로, NFT, 펄라이트, 송이등보다 높았다.
- 마. perlite 培地耕에서 生産된 小塊莖은 皮目發生이 적어 良質의 塊莖이 生産되었다.



2. 培養液의 pH 低下 調節에 의한 塊莖形成

- 가. 小塊莖 形成은 배양액을 pH 3으로 10시간 처리구에서 빨라 처리후 20일까지는 有意성 있는 增加를 보였다.
- 나. 배양액 pH가 낮을수록 복지수가 증가되어 괴경수가 많았으며 괴경 건물율도 높았다.
- 다. 定植後 90일에 주당 小塊莖수는 pH 3.0처리에서 72.1개로 가장 많았다

3. 小塊莖 採取間隔의 효과

- 가. 小塊莖의 크기가 3g 以上인 것을 5日 間隔으로 採取하였을 때 莖長이나 分枝數등 지상부 생육에는 차이가 없었다.
- 나. 소괴경의 採取間隔이 짧을수록 株當 塊莖數는 많았으나 塊莖收量은 감소되었다.
- 다. 3~10g 크기의 塊莖크기 分布는 10日 間隔 採取에서 65.8%로 가장 높았다.
- 라. 감자 養液栽培時 3~10g 크기의 小塊莖을 10日 間隔으로 採取하는 것이 塊莖의 均一度를 높일 수 있고 大量生産이 可能한 것으로 나타났다.

4. 養液栽培로 생산된 小塊莖의 圃場試驗

- 가. 대지품종의 小塊莖의 크기가 작은 것일수록 萌芽가 빨라 1g 크기는 收穫後 25日, 15g은 수확후 45日부터 發芽했다.
- 나. 收穫直後 小塊莖의 糖含量은 小塊莖의 크기에 關係없이 sucrose, glucose, fructose의 順이었다.
- 다. 收穫後 10日에는(綠化後) 小塊莖의 크기가 작은 것일수록 還元糖 形成이 빨라 glucose와 fructose 含量이 增加하였다.
- 라. 萌芽의 出現은 塊莖의 크기가 작은 것일수록 빨라서 5g 以下の 것은 봄재배에서 28일, 가을재배에서 25일이 소요되었고 10g 以上인 것은 봄재배 30일 이상, 가을재배 27일 이상 소요되었다.
- 마. 塊莖의 크기가 클수록 출현율이 높았고 초기생육도 빨랐다.
- 바. 5g 以上の 塊莖은 일반 씨감자 生産性의 90%수준으로서 씨감자 生産이 可能한 것으로 사료되었다.

VII. 引用文獻

- Arreguin-Lozano. B. and J. Bonner. 1949. Experiments on sucrose formation by potato tubers as influenced by temperature. *Plant Physiol.* 24:720-738.
- Balamani, V. and B.W. Poovainah. 1985. Retardation on shoot growth and promotion of tuber growth of potato plants by paclobutrazol. *Amer. Potato J.* 62:363-369.
- Bolaender, K.B.A. and Algra. 1966. Influence of growth retardant B-9 on growth and yield of potatoes. *Eur. Potato J.* 9:242-258.
- Burt, R.L. 1964. Influence of short periods of low temperatures on tuber initiation in the potato. *Eur. Potato J.* 7:197-208.
- Burton, W.G., T. Horne and D.B. Powess. 1959. The effect of γ -irradiation upon the sugar content of potato. *Eur. Potato J.* 2:105-116.
- Burton, W.G. and A.R. Wilson. 1970. The apparent effect of the latitude of the place of cultivation upon the sugar content of potatoes grown in Great Britain. *Potato Res.* 13, 269-83.
- Burton, W.G. and A.R. Wilson. 1978. The sugar content and sprout growth of tubers of potato cultivar record grown in different localities when stored at 10 and 20°C. *Potato Res.* 21:145-162.

- Cao, W. and T. W, Tibbitts. 1994. Responses of potatoes to solution pH levels with different forms of nitrogen. J. plant nutrition 17(1):109-126.
- 崔廷一. 1969. 감자生産 및 研究에 있어서 當面課題. 韓作誌 6:33-38.
- 趙載英. 1986. 田作, 郷文社. pp. 389-448.
- Choi Y.W., J.L. Cho, S.K. Um, J.C. Park, Z.H. Kim and J.S. Kang. 1990. Rapid multiplication of seed potatoes (*Solanum tuberosum* L.) by microtuberization *in vitro*. J. Kor. Soc. Hort. Sci.(Abstr.) 8(1):78-79.
- 崔永煥, 趙丁來, 姜性模. 1994. 감자 器內小塊莖의 生産效率向上과 實用化에 關한 研究. IV. 圃場生産力 增進을 위한 coating과 莖葉處理. 韓國誌, 35:323-329.
- Cooper, A.J. 1975. Crop production in recirculating nutrient solution. Scientia Hort. 3:251-258.
- Davies, H.V. 1990. Carbohydrate metabolism during sprouting. Amer. Potato J. 67:815-827.
- Dimalla,G.G. and J.Van. Staden. 1977. Effect of ethylene on the endogenous cytokinin and gibberellin levels in tuberizing potatoes. Plant Physiol. 60:218-221.

- Dwelle, R.B. and P.J. Hupley. 1984. The effects of foliar application of cytokinins on potato yields in south eastern Idaho. Amer. Potato J. 64:293-299.
- Epstein, E. 1966. Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. Agron. J. 58:169-171.
- Fong, K.H. and A. Ulrich. 1969. Growing potato plants by the water culture technique. Amer. Potato J. 46:269-272.
- Garcia, T.L. and C.C. Gomez. 1973. *In vitro* tuberization of potato sprouts as affected by ethrel and gibberellic acid. Potato Res. 16:73-79.
- Gifford, R.M. and J. Moorby. 1967. The effect of CCC on the initiation of potato tubers. Eur. Potato J. 10:235-238.
- Gislerod, H.R. and R.J. Kempton. 1983. The oxygen content of flowing nutrient solutions used for cucumber and tomato culture. Scientia Hort. 20:23-33.
- Goodwin, P.B. and G. Brown. 1980. Field performance of potato shoot-tips proliferated in culture. Potato Res. 23:449-452.
- Gregory, L.E. 1956. Some factors for tuberization in the potato plant. Amer. J. Bot. 43:281-288.

- Hammes, P.S. and P.C. Nel. 1975. Control mechanisms in the tuberization Process. Potato Res. 18:262-272.
- 한병희, 임명순, 1980. 시험관내 괴경 대량생산 실용화 연구. 원시연보 (채소분야). pp.283-290
- Han, E.J. 1987. Effects of growth regulators and medium preparation method on *in vitro* tuberization of the potato. Seoul Woman's Univ. M. S. Thesis, Korea.
- 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.
- Headford, D.W.R. 1961. Sprout growth of the potato. PhD thesis, Nottingham Univ. England.
- Hendriksen, J. B. 1963. The mother tuber and the growth of the potato plant. Proc. 2nd Trienn Conf. Eur. Assoc. Potato Res. Pisa, Italy.
- Hussey, G. and N.J. Stacey. 1984. Factors affecting the formation of *in vitro* tubers of potato (*Solanum tuerosum* L.). Annals of Botany 53:565-578.
- Iritani, L.M. 1968. Factors affecting physiological (degeneration) of potato tubers used as seed. Amer. Potato J. 45:111-116.

- Isherwood, F.A. and W.G. Burton. 1975. The effect of senescence handling, sprouting and chemical sprout suppression upon the respiratory quotient of stored potato tubers. *Potato Res.* 18:98-104.
- Joung, H. 1989. Mass production of potato microtuber by tissue culture technique and its application. '89 Agricultural biotechnology symposium. pp. 100-124.
- 鄭淳柱, 池性韓, 篠原溫, 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.
- 鄭淳柱, 姜宗求, 李正鎬, 徐範錫. 1994. 養液栽培 理論과 實用技術. 湖南 溫室作物 研究所. pp. 34-35.
- 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. *韓園誌.* 36(4):548-554
- 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(원예편)* 37:187-199.
- Kassanis, B. 1950. Heat inactivation of leafroll virus in potato-tubers. *Ann. App. Biol.* 37:339-341.
- 川上辛治郎. 1936. 春作馬鈴薯に於ける種薯の改善に就て. *農業と 經濟* 3:399-405.

- 김현준, 전재홍, 박세원, 정혁. 1992. 밤, 낮의 변온처리가 감자의 기내소괴경 형성에 미치는 영향, 韓園誌 33:432-437.
- 김현준, 김관수, 김원배, 최관순. 1993. 감자 수경재배에 의한 소서생산 및 실용화에 관한 연구. 농업논문집 35(1):524-529.
- 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.
- Krauss, A. and H. Marschner. 1982. Influence of nitrogen nutrition, day length and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization in potato plants. Potato Res. 25:13-21
- Lee,C.R. 1972. Interrelationships of aluminum and managanese on the potato plant. Agron. J. 64 : 546-549.
- 임채일, 김정간, 1991. 저비용 인공씨감자의 대량생산 공장 모델 체계 확립. 원시연보. pp.209-216.
- 임명순, 박연희, 김정간, 김승열, 조현묵, 한병희, 1990. 감자 괴경의 기내 대량생산 및 실용화에 관한 연구 1. 괴경의 기내대량생산에 관여하는 몇가지 요인. 농시논문집(園藝篇)2(3):46-53.
- Madec, P. 1963. Tuber-forming substances in the potato. In : The growth of potato (J.D. Ivins and F.L.Milthorpe, ed.). pp. 10-100 Butterworths, London.

- Marsh, K.B. and L. A. Peterson. 1990. Gradients in Mn accumulation and changes in plant form for potato plants affected by Mn toxicity. *Plant and Soil* 121 : 157-163.
- Massantini, F. 1985. The light and dark sides of aeroponics. *Soilless Culture* 1:85-96.
- Mauk, C. S. and A.R.Langille. 1978. Physiology of tuberization in *Solaum tuberosum* L. Ciszeatin riboside in the potato plant: its identification changes in endogenous levels and influenced by temperature and photoperiod. *Plant Physiol.* 62:438-441.
- Maxwell,K. 1986. Soilless(Hydroponic) culture-the past, present and future. *Soilless Culture* 2:27-34.
- Menzel,C.M. 1983. Tuberization in potato at high temperatures : Gibberellin content and transport from buds. *Annals of Botany* 52:697-702.
- Miller, R. W. and R.O. Belkengren. 1963. Elimination of yellow edge, crinkle, and veinbanding viruses and Certain other virus complexes from strawberries by excision and culturing of apical meristems. *Plant Dis. Rep.* 47:298-300.
- Mingo, C . A. M ., O.E. Smith, and J. Kumamoto. 1976. Studies on the carbon dioxide promotion and ethylene inhibition of tuberization in potato explants cultured *in vitro*. *Plant Physiol.* 57:480-485.

- 목일진, 김강권, 한병희. 1987. 시험관내 괴경의 대량생산 연구. 원시연보 (채소분야). pp.235-238.
- Moorby, J. 1967. Inter-stem and inter-tuber competition in potatoes. Eur. Potato J. 10:189-205.
- Morel, G. and C. Martin. 1955. Guérison de pommes de terre atteintes de maladies à virus. C.R.Acad. Agric. Fr. 41:471-474.
- Nielsen, L.W. 1960. Elimination of the internal Cork virus by culturing apical meristems of infected sweet potatoes. Phytopathology 50:840-841.
- 朴秉昊, 朴權瑀, 1985. 園藝繁殖學, 先進文化社. pp. 258-263.
- 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
- 박세원, 전재홍, 김현순, 정혁, 1995. 감자 기내소괴경의 저온저장시 발아특성과 당함량의 변화. 韓國誌. 36(1):46-49
- Pressey, R. and R. Shaw. 1966. Effect of temperature on invertase, invertase inhibitor, and sugars in potato tubers. Plant Physiol. 41:1657-1661.
- Railton, I.D. and P.F. Wareing. 1973. Effects of day length on endogenous GA₃ in leaves of *Solanum andigena*. Physiol. Plant. 28:88-94

- Rosell, G., F. G. De Bertoldi and R. Tizio 1987. *In vitro* mass tuberization as a contribution to potato micropropagation. Potato Res. 30:111-116.
- Samotus.B., M. Niedzwiedz., Z. Kolodziej., M. Leja and Czajkowska. 1974. Store and reconditioning of tubers of polish potato varieties and strains. 1. Influence of storage temperature on sugar level in potato tubers of different varieties and strains. Potato Res. 17:64-81
- 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.
- Sattlemacher, B. and H. Marscher. 1978b. Relation between nitrogen nutrition, cytokinin activity and tuberization in *Solanum tuberosum*. Physiol. Plant. 44:65-68.
- Schwimmer. S., A. Bevenue, W. J. Weston and A. L. Potter. 1954. Survey of major and minor sugar and starch components of the white potato. J. Agr. Food Chem. 2:1284-1290.
- 신관용, 정찬균, 김성일, 김영철. 1978. 종서크기, 재식밀도, 경엽제거 시기가 종서수량에 미치는 영향. 고시연보. pp.293-310.
- Somogyi, M. 1952. Notes on sugar determination, J. Biol. Chem. 195:19-23.

- 손기철, 변혜진, 채수천. 1994. Pantas 및 국화의 발근에 대한 간이 초음파분무경 시스템의 적용. 韓園誌. 35:301-308.
- Sowokinos, J.R. 1977. Sucrose rating as an index of processing potato maturity. Valley Potato Grower. Ann. Rep. 43(101):31.
- Tishel, M. and M. Mazelis. 1966. The accumulation of sugars in potato tubers at low temperature and some associated enzymatic activities. Phytochemistry 5:895-902.
- Ulrich, A., K. Ohki and K.H. Fong. 1972. A method for growing potatoes by combining water culture and pot culture techniques. Amer. potato J. 49:35-39.
- Van Staden, J. 1976. The nature of a cytokinin in potato tubers. Potato Res. 19:249-252.
- Van Staden, J. and G.G. Dimalla. 1977. Influence of ethylene on cytokinin pools in tuberizing potatoes. Plant Sci. Letters. 10:19-23.
- Vieitez, A.M., A.Ballester, M.C. San-jose and E. Vieitez. 1985. Anatomical and chemical studies of vitrified shoots of chestnut regenerated *in vitro*. Physiol. Plant. 65:177-184.
- Wan, W.Y., W. Cao and T.W. Tibbitts. 1994. Tuber initiation in hydroponically grown potatoes by alternation of solution pH. Hort. Sci. 29:621-623.

- Wang, P.J. and C.Y. Hu. 1982. *In vitro* mass tuberization and virus free seed potato production in Taiwan. Amer. Potato J. 59:33-39.
- Wattimena, G., B. McCown and G. Weis. 1983. Comparative field performance of potatoes from microculture. Amer. Potato J. 60:27-33.
- Wetter, C. 1971. Potato virus S. In ; Descriptions of plant viruses. C.M.I./A.A.B. Description No. 60.
- Wheeler, R.M. and T.W. Tibbitts. 1986. Utilization of potatoes for life support systems in space. I. Cultivar-photoperiod interaction. Amer. Potato J. 63:315-323.
- Wheeler, R.M., and T.W. Tibbitts. 1987. Utilization of potatoes for life support systems in space. III. Productivity at successive harvest dates under 12-h and 24-h photoperiod. Amer. Potato J. 64:311-320.
- 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(N.F.T). Amer. Potato J. 67:177-187.
- Wheeler, R.M., K.L. Steffen, T.W. Tibbitts and J.P. Palta. 1986. Utilization of potatoes for life support systems II. The effects of temperature under 24-h and 12-h photoperiods. Amer. Potato J. 63:639-647.

- Wiersema,S.G., R. Cabello, P. Tovar and H. Dodds. 1987. Rapid multiplication by planting into beds micro-tubers and *in vitro* plants. Potato Res. 30:117-120.
- Wurr,D.C. 1972. Control of tuber size in the seed crop. EAPR. 5th tennial conference book.
- Yamaguchi, M., H. Timm and A.R. Spurr. 1964. Effect of soil temperature on growth and nutrition of potato plants and tuberization composition and periderm structure of tubers. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84:412-423.
- Zobel, R.W., D.T. Peter and G.T. John. 1976. Method for growing plants aeroponically. Plant Physiol. 57:344-346.



感謝의 글

本 研究와 論文이 이루어지기까지 指導鞭撻을 하여주신 朴庸奉 博士님과 論文審査 過程에서 指導助言을 하여주신 張田益, 李龍範, 金崇烈, 康勳 博士님께 깊은 感謝를 드립니다. 또한 大學院에서 講義는 물론 많은 指導를 하여주셨던 韓海龍, 白子勳, 文斗吉, 蘇寅燮 博士님들께도 깊은 感謝를 드립니다.

그리고, 本 研究를 위해 많은 助言과 與件을 마련해주신 濟州道農村振興院 高一雄 院長님을 비롯한 鄭舜京 試驗局長님, 金耿浩 課長님과 同僚職員들께도 감사를 드리며 특히 研究遂行과 原稿整理에 協助하여준 菜蔬係 同僚職員에게 심심한 感謝를 표합니다.

學位過程 동안 獎學惠澤을 베풀어주신 전 농촌 진흥청장 故 松岩 金寅煥 博士님과 그분의 유지를 받들어 송암 장학회를 운영하는 농촌진흥청 관계자 여러분께도 感謝를 드립니다.

오늘이 있기까지 늘 祈願과 念慮로 보살펴주신 어머니와 어려운 與件 속에서도 묵묵히 內助하여 준 아내와 사랑하는 아들 高煥, 承煥과 함께 이 榮光을 간직코자 합니다.