

최 중
연구보고서

심지재배를 통한 안정적 우량씨감자 대량생산
기술 개발

Development of Recirculating Wick Hydroponic
Techniques for Safe Seed Tuber Multiplication
of Potatoes

연구기관

제주대학교

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “심지재배를 통한 안정적 우량씨감자 대량
생산 기술 개발에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출
합니다.

2003년 8월 20일

주관연구기관명 : 제주대학교

총괄연구책임자 : 송 창 길

세부연구책임자 : 강 봉 균

연 구 원 : 강지용, 김찬우, 박정식,
문현기, 강해숙

협동연구기관명 : 서귀포시농업기술센터

협동연구책임자 : 오 태 수

연 구 원 : 오 문 학

요 약 문

I. 제 목

심지재배를 통한 안정적 우량씨감자 대량생산 기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구 목적

우리나라 감자 재배면적은 '90년대 이후 매년 9%씩 소폭 증가하여 2001년 현재 24,691ha가 재배되고 있고, 제주지역은 4,388ha로 가을감자인 경우 전국 재배면적의 54%를 차지하고 있다. 하지만 이렇게 급성장하는 우리나라의 감자재배에 있어서 큰 문제점은 건전종서 확보의 어려움, 생산비중 종서구입비의 과다, 파종종서의 발아율 저하 등을 들 수 있다. 감자는 타 작물과 달리 병리적, 생리적인 퇴화율이 높아 매 작기마다 종서를 갱신해 주는 것이 바람직하나 종서확보의 어려움으로 인해 농민들은 1차 구입종서를 이용하여 2~4작까지 재배하고 있어 매 작기별 건전종서 공급이 가장 중요한 요소이다.

인공씨감자 생산방법 및 분무경 양액재배에 의한 씨감자 생산기술은 감자산업발전에 괄목할만한 성과라 할 수 있다. 하지만 우리나라 감자산업의 혁명이라 할 수 있는 인공씨감자 생산방법은 생산단가가 높고, 입모율이 낮은 단점이 있고, 우리나라 우량씨감자공급에 획기적 성과가 기대되는 분무경양액재배에 의한 씨감자 생산방법에는 피목비대가 심하고, 부패율이 높은 단점이 있어 이를 보완할 새로운 방법이 절실한 실정이다.

따라서 본 연구는 국내 씨감자의 안정적인 생산과 보급 그리고 자급기반 구축에 두고, 현재까지의 양액재배에 의한 씨감자 생산시 문제가 되고 있는 피목비대로 인한 피경품질의 저하와 이로 인한 저장시 부패 등의 감모율 증가, 정전시 자가발전시설 등의 추가적인 시설소요, 병에 의한 급속한 오염발생 등의 문제들을 해결하고, 펄라이트를 이용한 배지경 양액재배시 발생하는 폐양액을 오염의 위험이 없이 이를 다시 순환시켜 이용할 수 있는 새로운 심지재배에 의한 안정적 우량씨감자 재배시스템을 개발하는데 있다.

2. 필요성

감자는 영양변식작물로 종자로서 필요한 식물체의 양이 10a당 150kg이상 소요되나 증식배율은 비의 1/150에 불과하다. 그 동안의 무병종서 공급은 주로 성장점배양에 의해 바이러스가 없는 식물을 만들고 이를 배양, 순화과정을 거쳐 기본식물로 만들어 이를 포장에서 3~5단계의 확대증식하는 과정을 거쳐 농가에 보급해왔다. 하지만 기내 인공씨감자 대량생산 기술은 무병씨감자생산에 지대한 영향을 미쳤지만, 생산단가가 높고 피경크기가 작아 생육초기 포장관리가 어렵고, 입모율이 낮아 생산성이 일반감자의 60-70% 수준에 머무르고 이다. 또한 기내 인공씨감자생산기술에서 진일보한 분무경 양액재배 씨감자를 생산하는 기술은 우량씨감자 대량생산방법으로 정착단계에 접어들고 있다.

하지만 이 분무경양액재배기술의 단점은

- 1) 생산된 씨감자의 피목비대가 심하고 이로 인해 저장시 부패 등 감모율이 높고,
- 2) 역병 등의 병에 노출될 경우 아주 심각한 문제가 발생할 수 있고,
- 3) 정전시를 대비해 자가발전 시설이 추가적으로 필요한 점 등을 들 수 있다.
- 4) 폐양액의 발생시 이의 처리에 있어서 환경문제가 생길 수 있다.

따라서 이러한 문제들을 해결할 수 있는 대안으로 보다 더 안정되고 대량재배가 가능한 심지재배를 이용한 씨감자생산 기술을 개발하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- ① 심지재배용 양액재배 시스템 제작, 플러그묘 생산
- ② 우량씨감자의 안정적 생산을 위한 심지재배용 적정상토 선발
- ③ 심지재배시 피경생산성 향상을 위한 적정 심지수 구명
- ④ 심지재배시 적정 재식밀도 구명
- ⑤ 분무경재배 생산종서의 크기별 심지재배시의 수량성, 품질 비교
- ⑥ 분무경재배 생산종서의 절단재배 가능성 검토
- ⑦ 심지재배 생산종서의 크기별 포장 생산력 검정
- ⑧ 심지재배종서의 경제적 생산을 위한 양액공급방법 개선

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발결과

1) 감자 심지양액재배 시스템(Wick Hydroponic System) 제작

안정적인 우량씨감자 생산을 위해 자체 제작한 심지양액재배 시스템은 培養液의 교환 없이 環境汚染을 줄일 수 있는 循環式 養液栽培 方式이 되도록 4열 2조로 제작, 심지는 수분흡수에 지장이 없는(수주압 20cm) 폴리에스테르 재질의 천(두께 1.3mm)을 폭 1.5cm, 길이 40cm가 되도록 제조하여 폴리스티렌상자에 적당한 간격으로 설치하였으며, 배지의 재료로 사용한 피트모스는 미리 수분을 흡수시킨 후 펄라이트와 제주송이를 적당 비율로 混合한 후 폴리스티렌 상자에 20ℓ씩 충전하였다.

2) 우량씨감자 안정생산을 위한 심지재배용 적정배지 선발

스치로폼 베드에 8종류의 배지를 충전한 후 6개의 심지를 꽂아 양액을 심지관수할 경우 감자의 생육 및 괴경수량 그리고 배지의 물리성 변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 시험구는 제주송이+피트모스, 제주송이+코크피트, 펄라이트+피트모스, 펄라이트+코크피트를 1:1 또는 1:2의 부피비율로 혼합한 8종류의 혼합배지 및 대조구로 상품화된 BM2 배지 등 9가지 처리를 하였다.

공극률은 펄라이트+피트모스(1:2)에서 가장 높게 측정되었다. 가비중은 제주송이+코크피트(1:1) 배지에서 가장 높았고 다음으로 제주송이+피트모스(1:1) 배지에서 높았다. 혼합배지의 액상율은 코크피트와 피트모스의 비율이 많을 수록 높아지는 경향이었다. 감자의 지상부 생육은 제주송이+피트모스(1:2)배지에서 가장 우수하였다. 1m²당 총서수량과 괴경평균중은 제주송이+피트모스(1:2), 펄라이트+피트모스(1:2)배지에서 가장 높았다. 전반적으로 감자생육과 씨감자의 수량은 제주송이나 펄라이트에 피트모스를 2배로 혼합했을 때 양호하였다.

3) 심지재배시 괴경생산성향상을 위한 적정심지수 구명

심지재배방법을 이용하여 감자 상위급종서의 대량생산기술을 개발하고자 경삼플러 그로를 SP2, PP2 2종류의 배지와 5종류의 심지수(폭 1.5 cm, 길이 40 cm)를 처리한 스티로폼 베드(길이 51×폭 31.5×높이 20 cm, 0.032 m³)에 정식, 재배하여 배지의 물리성과 생육형질을 조사한 결과는 다음과 같다.

수확직후 총공극량은 SP2배지와 PP2배지간에 차이가 없이 83~85% 수준이었다. 수확직후 배지내의 수분함유량은 SP2배지보다 PP2배지가 높았으며 심지수간에는 심지수가 많아질수록 55%에서 70%까지 함량이 많아지는 추세를 보였다. 감자 지상부의 생육형질은 심지수가 많아질수록 증가하는 것으로 나타났다. 1m²당 총서중과 괴경평균수량은 SP2배지와 PP2배지 모두 심지수 6개에서 가장 높았다.

4) 심지양액재배시 상토별 적정 栽植密度 구명

심지양액재배시 분무경산 종서의 적정 栽植密度와 배지를 구명하기 위하여 제주송이(scoria)+피트모스(1:2, v/v), 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 혼합배지 2종류를 主區로, 폴리스티렌상자 당 3, 6, 9, 12, 15주의 栽植密度 처리를 細區로 한 분할구배치 3반복으로 시험하였다.

9주, 12주 그리고 15주 栽植密度처리는 생육과 收量形質에 있어 비슷한 결과를 보였고, 생육불량개체수가 폴리스티렌 상자당 1.75개로 완만한 增加勢를보이다가 15주 재식에서는 급격한 증가를 보였기 때문에 심지양액재배시 적정한 栽植密度는 식물의 생육과 수량성 그리고 씨감자의 生産效率面에서 폴리스티렌상자 당 9주(56주/m²)를 播種하는 것이 적당할 것으로 판단되었다.

5) 분무경산종서의 크기별 심지양액재배 수량성

심지양액재배시 적정한 분무경산 종서크기를 구명하기 위하여 분무경산 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 40g 무게의 종서를 폴리스티렌상자당 9주를 播種하였고, 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 배지를 20ℓ 씩 충전하였으며, 8개의 심지를 꽃아 상자의 밑면에 놓혀 양액을 흡수하게 하였다. 시험구는 난괴법 4반복으로 배치하였고, 播種후 70일에 생육관련형질을 조사하였다.

분무경산 종서는 무게가 5g이상이면 심지양액재배에 사용이 가능하고, 1g과 3g 크

기의 분무경산 소서도 5g以上 塊莖收量/m²이 각각 3.1kg과 4.1kg 정도의 수량을 보여 크기에 상관없이 분무경산 종서를 모두 심지재배에 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

6) 분무경산 종서의 절단재배 가능성 검토

분무경 양액재배시 생산된 10g 이상이 되는 분무경산 종서를 2~4절로 절단하여 심지양액재배 시스템에서의 종서생산성을 검토하였다. 시험구 처리는 5, 10, 20g의 전서처리와 10, 20, 30g을 각각 2절과 4절로 절단한 처리 등 9처리를 난괴법 4반복으로 배치하였다.

분무경산 씨감자의 절편무게가 5g정도가 되도록 절단하여 심지재배에 이용하여도 생육과 수량성에 있어서 5g크기의 전서와 비슷한 결과를 보여 분무경산 소괴경의 절단재배가 충분히 가능하여 분무경 양액재배에서 20%이상이 생산되는 10g크기 이상인 괴경의 씨감자 증식효율을 높이는 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

7) 심지재배산 종서의 크기별 포장생산 능력검정

봄재배시험은 2001년 가을작기에 심지양액재배를 통해 생산된 씨감자를 1g 이하, 1~3g, 3~5g, 5~7g, 7~10g, 10~20g, 20~30g, 30~50g, 50~80g으로 분류하여 다음해인 2002년 봄에 수행하였고, 가을재배시험은 2002년 봄작기에 생산된 심지재배산 씨감자를 1~3g, 3~5g, 5~7g, 7~10g, 10~20g, 20~30g, 30~50g으로 분류하여 같은 시기에 생산된 분무경산 씨감자 7g, 15g처리와 비교·검토하기 위하여 수행하였다.

심지양액재배산 종서의 크기별 봄재배 생산력 검정시험결과, 生育形質인 株當莖數, 莖長, 莖徑은 심지재배산 종서크기가 클수록 증가하는 경향이였다. 10a當 種薯規格薯重과 總薯重은 종서크기가 증가할수록 대체로 증가하는 경향을 보였다. 10a當 總薯重은 종서무게가 클수록 수량도 201kg에서 3,455kg로 크게 증가하였고 심지재배산 5~7g의 종서크기는 849kg의 수량을 보여, 분무경산 7g처리 910kg과 비슷한 수량을 나타냈다. 심지재배산 씨감자의 크기별 종서생산성을 봄과 가을재배를 통해 검토한 결과, 포장재배시 종서생산에 사용이 가능한 최소한의 종서크기는 5g이상이어야 할 것으로 판단된다.

8) 심지재배종서의 경제적생산을 위한 양분공급방법 개선

시험처리는 대조구인 양액처리(Table 1), 단비(N:P:K=15:10:12kg/10a)처리, 폴리스티렌상자(0.032m³)당 마감프케이 47, 94g, 멀티코트 40, 60, 100g, 오스모코트 40, 80g의 완효성비료처리 등 9처리를 난괴법 4반복으로 배치하였다. 단비와 완효성비료 처리구의 시스템은 수돗물을 베드내로 흐르게 하여 심지는 단지 수분만을 흡수하는 기능을 하도록 하였다.

總塊莖收量/m²은 완효성비료인 멀티코트 100g과 오스모코트 80g처리가 각각 6.95kg과 6.41kg을 보여 양액공급처리(6.15kg)의 수량에 비해 각각 13%와 4%정도 증수되었고, 단비처리에서도 약 4.2kg의 수량을 얻을 수 있었다. 따라서 심지재배시스템에서 완효성비료의 사용은 양액공급 대체, 심지의 재사용, 양액의 농도조절의 불필요한 재배관리상의 용이성 등 종서의 생산비를 절감할 수 있는 방안으로 판단된다.

2. 결과활용에 대한 건의

1) 심지양액재배시스템 개발은 기존의 종서생산체계보다 축소시킬 수 있는 생산기술로, 조직배양묘 또는 경삽묘 생산(무병주도입단계)→분무경양액재배(1차증식단계)→심지양액재배(2차증식단계)→증식 또는 농가보급의 4단계의 종서생산체계와 무병주 도입단계에서 직접 심지양액재배단계를 거친 후 증식단계 또는 농가보급단계인 3단계로 종서생산체계를 기존보다 1~2단계를 축소할 수 있는 기술로 활용하여야 할 것이다.

2) 심지양액재배시스템개발로 농가가 직접 모터펌프와 타이머로도 제작이 가능하고 직접 관리하기도 쉬워 상위급 감자 종서생산에 상당한 공헌할 것이다. 따라서 분무경양액재배에 의해 씨감자 기본식물 및 원원종급 상위종서를 생산하고 있는 시험장, 농업기술원 등에 이 기술을 이전하여, 분무경 양액재배시 발생하는 씨감자의 피목비대, 부패현상 등에 의해 종서품질저하 및 생산량 증대의 한계를 극복하는데 활용이 가능하다.

SUMMARY

All experiments in this study were conducted during the 2001-2002 growing season at the glasshouse and research farm of College of Agriculture, Cheju National University(30°27'20" N latitude, 277 m altitude) and Seogwipocity Agriculture Development and Technology Center to establish the proper techniques of the recirculating wick hydroponics for safe seed tuber multiplication of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). The effects of various mediums, planting densities, the number of horizontal wicks and application rates of controlled release fertilizers as a alternative method of nutrient solution supply were investigated. Field performance of seed tubers produced by the wick hydroponics was also determined.

1. Effects of medium composition on growth and yield of potato Plug plantlets under wick hydroponic system

Proper root media and to determine its effect on growth of potato(*Solanum tuberosum* L. cv. Dejima) in hydroponic culture system were studied. To achieve these, plug plantlets were planted in styrofoam beds (0.032 m³ volume) containing various root media with six capillaries (1.5 cm in width and 40 cm in length). The nine media employed in the experiment were commercial growing mix, Jeju scoria+peatmoss, Jeju scoria+cocopeat, perlite+peatmoss and perlite+cocopeat (1:1 or 1:2, v/v) mixture, respectively. Perlite+peatmoss (1:2) showed the highest total porosity and Jeju scoria+cocopeat (1:1) showed the highest bulk density among the media tested, followed by Jeju scoria+peatmoss (1:1). As incorporating ratio of peatmoss and cocopeat were elevated, the moisture capacity of media was increased. Characteristics of top growth were best in Jeju scoria+peatmoss (1:2) mixed medium. The total tuber yield was highest in both media of Jeju scoria+peatmoss (1:2). Perlite+peatmoss (1:2), and perlite+peatmoss (1:2) mixed

medium showed highest average tuber weight. This results indicate that Jeju scoria+peatmoss (1:2) and perlite+peatmoss (1:2) were suitable medium for top growth and seed tuber production using a wick culture system among media tested.

2. Growth and yield according to wick number under wick hydroponic system of potato plug seedlings

This study was conducted in 2001 to develop a technique for mass production of superior seed tuber by using a wick culture system as an alternative plan to solve problems in hydroponic culture of potato. Potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Dejima) plug seedlings were planted on a styrofoam bed (volume 0.032 m³) containing two different media (Jeju scoria+peatmoss and perlite+peatmoss, (1:2, v/v) mixture, respectively). Each bed was equipped with various number of wicks (2, 4, 6, 8 and 10ea/bed). After harvest, the total porosity of both media was 83~85%. Bulk density of Jeju scoria+peatmoss was higher compared to that of perlite+peatmoss. However, the number of wicks did not influence to the bulk density. Conversely, moisture capacity of Jeju scoria+peatmoss was remarkably greater than that of perlite+peatmoss and was increased from 55 to 70% as elevating number of wicks. Although the number of wicks resulted in the areal growth of plants, the total yield and the weight of tuber were highest at the bed equipped with six wicks in both media.

3. Effects of two mediums and several planting densities in the wick hydroponic system

1) There were no significant differences between medium and planting density for the growth and tuber yield traits. The plants grew better in a mixture of

perlite and peatmoss (1:2, v/v) than in a mixture of Jeju scoria and peatmoss (1:2, v/v) even though there was no significant difference between the two mediums.

2) Top fresh weight per plant decreased from 336.6 to 91.9g as planting density was increased from 3 to 15 plants/polystyrene box ($W \times L \times D = 31 \times 51 \times 20$ cm). However, top fresh weight/m² increased from 7,174.6 to 8,852.2g as the planting density was increased from 3 to 12 plants/box, and thereafter decreased slightly.

3) The number of plants with poor growth increased from 0.25 to 3.88/box as planting density was increased from 3 to 15 plants/box.

4) With increasing planting density from 3 to 15 plants/box, tuber weight and ≥ 5 g tuber weight/tuber decreased from 51.0 to 37.2g and from 62.5 to 44.1g/tuber, respectively.

5) The number of tubers/plant, average tuber weight, seed tuber (≥ 5 g/tuber) weight, and the percentage of seed tuber decreased with increasing planting density from 3 to 15 plants/box. However, these characters were not significantly affected by medium.

6) As planting density was increased from 3 to 15 plants/box, the number of total tubers and seed tubers/plant decreased from 6.6 to 3.4 and from 5.3 to 2.9 tubers/plant, respectively, while the number of total tubers and seed tubers/m² increased from 125.6 to 316.9 and from 101.3 to 268.8 tubers/m², respectively. The higher tuber number was obtained with the mixture of perlite and peatmoss compared with the mixture of Jeju scoria and peatmoss.

7) Total tuber yield and seed tuber yield increased from 6,388.5 to 11,740.6g/m² and from 6,332.6 to 11,633.4g/m², respectively, with increasing the planting density from 3 to 15 plants/box, while total tuber yield and seed tuber yield/plants decreased from 336.2 to 126.2g and from 333.3 to 125.1g/plant, respectively. The higher total tuber and seed tuber yields (about 2.6kg/m²) were obtained with the mixture of perlite and peatmoss compared with the mixture of Jeju scoria and peatmoss.

In conclusion, a mixture of perlite and peatmoss (1:2, v/v) was more suitable medium for seed potato production in the wick hydroponic system, and optimum planting density was 9 plants (56 plants/m²)/box (W×D×L=31×20×51cm).

4. Effects of the sizes of tubers produced by aeroponics on the productivity of seed tuber in the wick hydroponic system.

1) Leaf length and width ranged from 28.1 to 32.1cm and from 20.4 to 25.4cm, respectively and on the whole, increased with increase in size of mini-tuber produced by aeroponics. Fresh leaf weight also increased from 6.5 to 10.6g/leaf as the seed tuber size was increased from .

2) As the tuber size was increased 1 to 40g/tuber, the number of stems, stem diameter and stem length increased from 1.1 to 2.5, from 5.28 to 6.64mm and from 41.8 to 69.9cm, respectively.

3) Top fresh weight/plant increased slightly up to 20g/tuber, and then dramatically increased with increasing tuber sizes.

4) The number of seed tubers ranged from 1.94 to 3.06/tuber, and even the mini-tubers of 1g produced by aeroponics produced over 100 tubers/m².

5) As the tuber size was increased from 1 to 40g/tuber, average tuber weight and seed tuber weight increased, and average seed tuber weight ranged from 28.9 to 55.5g/tuber.

6) Total tuber and seed tuber yields/m² ranged from 3,304.8 to 9,471.6g and from 3,147.4 to 9,404.3g/m², respectively and markedly increased with increase in tuber size.

These results indicate that regardless of tuber sizes, all the sizes of mini-tuber produced by aeroponics can be used for seed tuber production in the wick hydroponics..

5. Effects of the cutting of tubers produced by aeroponics on the

productivity of seed tuber in the wick hydroponic system

1) Fresh leaf weight of uncut tuber ranged from 8.2 to 10.4g/leaf, cut tuber from 4.7 to 5.6g. Seed-piece size and seed-piece number did not significantly affect fresh leaf weight/leaf.

2) The number of stems/plant increased from 1.1 to 1.9 with increasing the seed size from 5 to 20g/tuber for uncut tuber and that of cut tuber ranged from 1.5 to 2.4/plant.

3) Top fresh weight/plant for the same number of seed-pieces increased with increasing the tuber size from 10 to 30g/tuber. Stem diameter, stem length, the number of stems/plant and top fresh weight were greater in a tuber cut in two than in a tuber cut in four and those of the same tuber size, that is, between a uncut 5g tuber, 10g tuber cut in two and 20g tuber cut in four, and between a uncut 10g tuber and 20g tuber cut in two, were similar each other.

4) As seed-piece size increases from 2.5g (10g tuber cut in four) to 15g (30g tuber cut in two), average tuber weight and seed tuber weight/tuber trended to increase. Cutting of seed did not affect the tuber weights for the same seed size. Tuber weight and seed tuber weight of 10g tuber cut in four was of all treatment.

5) As the tuber size increases from 10 to 30g/tuber in case of uncut tuber, tuber yield increased from 83.8 to 141.8g/plant and the tuber yield/plant of cut tuber was similar to the yield of 5g uncut tuber or higher than that.

6) Total tuber yield ranged from 4,158 to 6,562g/m² and the percentage of seed tubers was over 97% for all treatments. .

These results indicate that ≥ 10 g tubers produced by aeroponics could be cut and used for seed tuber production in the wick hydroponic system.

6. Field performance for the test of the productivity of seed tuber produced by the wick hydroponics during the spring and fall cropping.

1) Field performance during the spring cropping.

(1) The number of stems/plant, stem length and stem diameter increased as tuber size produced by the wick hydroponics was increased.

(2) Total tuber and seed tuber yields/m² ranged from 1,1993.1 to 2,360.4g and from 897.0 to 2,017.1g/m², respectively. With increasing the tuber size, total tuber and seed tuber yields/m² increased on the whole. those of under 5g seed tuber were below 700g and 500g/m² approximately.

2) Field performance during the fall cropping.

(1) As the tuber size increases from 1 to 50g/tuber, the emergence rate tended to increase, while the number of days from planting to emergence decreased and the emergence rate of 5~7g seed tuber produced by the wick hydroponics was higher than that of 7g tuber produced by aeroponics, and that of 7~10g wick hydroponic tuber was higher than that of 15g aeroponic tuber.

(2) The number of seed tuber/plant increased from 0.68 to 3.89 with increasing the size of seed tuber and that of aeroponic tuber had a same trend as well.

(3) Total tuber and seed tuber yields/10a of mini-tuber produced by the wick hydroponics increased considerably with increasing the tuber size, and also that of aeroponic tuber ranged from 773 to 1,718kg and markedly increased with increase in tuber size.

(4) The total tuber and seed tuber yield/10a of 7g aeroponic tuber in a field was similar to those of 5~7g wick hydroponic tuber.

The results indicate that the minimum size of tuber produced by the wick hydroponics was 5g/tuber in field planting.

7. Controlled release fertilizers as a substitute of nutrient solution for economic production of tubers in the wick culture system.

1) Supplying with nutrient solution in the wick system resulted in greatest

fresh leaf weight (8.9g/leaf), followed by application of Multicote 100g/polystyrene box to 20 ℓ mixture of perlite and peatmoss (1:2, v/v) (5.7 , application of Osmocote 80g/box to the mixture (5.5g/leaf) and application of N, P and K fertilizers to the mixture (3.18g/leaf).

2) Supplying with nutrient solution resulted in thickest stems (51.8mm), followed by application of Multicote 100g (45.6mm) and Osmocote 80g (43.3mm)

3) Plants received nutrient solution had heaviest top fresh weight (82.9g/plant), followed by plants received Multicote 100g (66.4g/plant), and plants received Osmocote 80g(57.8g/plant).

4) As the application rate of controlled release fertilizer was increased, most growth characters had a increasing tendency except that the number of stems/plant had no definite trend.

5) Average tuber weights of potatoes grown in the mediums received Multicote 100g, Osmocote 80g, and single element fertilizer were 38.2, 36.4, and 25.2g/tuber, respectively.

6) Total tuber yield of potatoes received Multicote 100g and Osmocote 80g were 13% and 4% greater than that of potatoes received the nutrient solution (6,145.2g/m²). Total tuber yield of potatoes received single element fertilizer was 4,195.8g/m²

The data shows that controlled release fertilizers can be used as a substitute for nutrient solution for seed potato production in the wick culture system, and single element fertilizer coulbe be applied as well.

CONTENTS

chapter 1. The outline of this research project	22
section 1. The object and necessity of this research project	22
section 2. The extent of this research project	25
chapter 2. The present status of domestic and international technology development	26
section 1. The research trend in Korea and other countries	26
section 2. Position of the outcome of the research at the present sataus of progress	27
chapter 3. The contents and results of this research achieved	28
section 1. Product of seed tubers and manufacture of wick hydroponic system for the wick hydroponics of potatoes ..	28
1. product of seed tubers	28
2. manufacture of wick hydroponic system	29
section 2. Effects of medium composition on growth and yield of potato Plug plantlets under wick hydroponic system	32
1. Introduction	32
2. Materials and methods	33
3. Results and discussion	34
1) Growth characters	35
2) Yield characters	36
4. Summary	37
section 3. Growth and yield according to wick number under wick hydroponic system of potato plug seedlings	38

1. Introduction	38
2. Materials and methods	39
3. Results and discussion	40
1) Physical properties of media	41
2) Growth and yield character	41
4. Summary	44
section 4. Effects of two mediums and several planting densities	
in the wick hydroponic system	46
1. Introduction	46
2. Materials and methods	47
3. Results	47
1) Growth characters	47
2) Yield characters	50
3) Correlation coefficients among the agronomic traits	55
4. Discussion	58
5. Summary	60
section 5. Effects of the sizes of tubers produced by aeroponics	
on the productivity of seed tuber	62
1. Introduction	62
2. Materials and methods	63
3. Results	63
1) Growth characters	63
2) Yield characters	64
3) Correlation coefficients among the agronomic traits	69
4. Discussion	71

5. Summary	74
section 6. Effects of the cutting of tubers produced by aeroponics	
on the productivity of seed tuber	76
1. Introduction	76
2. Materials and methods	77
3. Results	77
1) Growth characters	77
2) Yield characters	80
3) Correlation coefficients among the agronomic traits	83
4. Discussion	84
5. Summary	85
section 7. Field performance for the test of the productivity of	
seed tuber produced by the wick hydroponics	87
1. Introduction	87
2. Materials and methods	88
3. Results	88
1) Spring cropping	88
2) Fall cropping	96
4. Discussion	104
5. Summary	107
section 8. Controlled release fertilizers as a substitute of nutrient	
solution for economic production of tubers	109
1. Introduction	109
2. Materials and methods	109
3. Results	111

1) Growth characters	111
2) Yield characters	115
3) Correlation coefficients among the agronomic traits	119
4. Discussion	120
5. Summary	122
chapter 4. Achievement scope and contribution to other research	124
section 1. Achievement scope of this research	124
section 2. Contribution to other research	124
chapter 5. Practical application plan of the results of this research	125
section 1. Application to other studies	125
section 2. Research results	125
chapter 6. International science and technology information	127
chapter 7. Literature cited	129

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	22
제1절	연구개발의 목적 및 필요성	22
제2절	연구개발의 범위	25
제 2 장	국내외 기술개발 현황	26
제1절	국내외 연구동향	26
제2절	연구결과가 국내외 기술개발에의 위치	27
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	28
제1절	심지재배용 종서생산 및 심지양액재배시스템 제작	28
1.	심지재배용 종서생산	28
2.	감자 심지양액재배 시스템(Wick Hydroponic System) 제작	29
제2절	우량씨감자 안정생산을 위한 심지재배용 적정배지 선발	32
1.	서론	32
2.	재료 및 방법	33
3.	결과 및 고찰	34
가.	생육형질	35
나.	수량형질	36
4.	요약	37
제3절	심지재배시 괴경생산성향상을 위한 적정심지수 구명	38
1.	서론	38
2.	재료 및 방법	39
3.	결과 및 고찰	40
가.	배지의 물리성	41
나.	감자 생육형질	41
4.	요약	44

제4절 심지양액재배시 상토별 적정 栽植密度 구명	46
1. 서론	46
2. 재료 및 방법	47
3. 결과	47
가. 생육형질	47
나. 수량형질	50
다. 형질간의 상관과 회귀	55
4. 고찰	58
5. 요약	60
제5절 분무경산중서의 크기별 심지양액재배 수량성 및 품질 비교	62
1. 서론	62
2. 재료 및 방법	63
3. 결과	63
가. 생육형질	63
나. 수량형질	64
다. 형질간의 상관과 회귀	69
5. 고찰	71
6. 요약	74
제6절 분무경산 중서의 절단재배 가능성 검토	76
1. 서론	76
2. 재료 및 방법	77
3. 결과	77
가. 생육형질	77
나. 수량형질	78
다. 형질간의 상관관계	83
4. 고찰	84
5. 요약	85
제7절 심지재배산 중서의 크기별 포장생산 능력검정	87
1. 서론	87

2. 재료 및 방법	88
3. 결과	88
가. 봄재배 시험	88
나. 가을재배 시험	96
4. 고찰	104
7. 요약	107
제8절 감자 심지재배 종서의 경제적생산을 위한 양분공급방법 개선	109
1. 서론	109
2. 재료 및 방법	109
3. 결과	111
가. 생육형질	111
나. 수량형질	115
다. 형질간의 상관관계	119
4. 고찰	120
5. 요약	122
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	124
제1절 목표달성도	124
제2절 관련분야에의 기여도	124
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	125
제1절 활용계획	125
제2절 본 연구를 통해 얻어진 연구실적	125
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	127
제 7 장 참 고 문 헌	129

제 1 장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구 목적

감자는 가지과 작물로 생산량이 옥수수, 벼, 밀 다음으로 세계 4대 식량작물 중의 하나이며, 전 세계 130여개 국가에서 약 2억 8천만톤('98) 정도 생산되고 있다. 우리나라 감자 재배면적은 '90년대 이후 매년 9%씩 소폭 증가하여 1999년 현재 23,252ha가 재배되고 있고, 제주지역은 매년 29%씩 대폭 증가, '99년 6,308ha로 전국 재배면적의 30%를 차지하여 생산액도 1,270억원에 이르고 있다. 특히 단경기 출하를 목적으로 재배하는 가을 감자인 경우에는 연평균 30%이상의 증가를 보여 '98년에는 4,227ha까지 재배되어 전국 가을감자 면적의 64%를 차지하고 있다. 따라서 제주지역에서의 감자농업은 감귤농업 다음으로 단위 면적당 소득이 높아 제주지역 경제특성상 미래에도 존속발전 시켜야할 분야이다.

하지만 이렇게 급성장하는 우리나라의 감자재배에 있어서 큰 문제점은 건전종서 확보의 어려움, 생산비중 종서구입비의 과다, 과중종서의 발아율 저하 등을 들 수 있다. 감자는 타 작물과 달리 병리적, 생리적인 퇴화율이 높아 매 작기마다 종서를 갱신해 주는 것이 바람직하나 종서확보의 어려움으로 인해 농민들은 1차 구입종서를 이용하여 2~4작까지 재배하고 있어 매 작기별 건전종서 공급이 가장 중요한 요소이다(유, 1990). 현재 전국의 감자재배 면적을 25,000ha로 기준할 때 씨감자 소요량은 37,500톤이지만 국가에서 생산 공급되는 씨감자는 약 25%인 10,000여톤만이 공급되고 있는 실정이다. 이처럼 기본종 및 상위단계의 고급종서 공급량이 부족한 실정이어서 제주도 및 전국적으로 저가의 고급종서를 자체공급하여 생산비의 절감 및 씨감자의 안정적인 공급책을 마련하는 연구노력이 지속되고 있다.

그 중에서도 인공씨감자 생산방법 및 분무경 양액재배에 의한 씨감자 생산기술은 감자산업발전에 괄목할만한 성과라 할 수 있다. 하지만 우리나라 감자산업의 혁명이라 할 수 있는 인공씨감자 생산방법은 생산단가가 높고, 입모율이 낮은 단점이 있고, 우리나라 우량씨감자 공급에 획기적 성과가 기대되는 분무경양액재배에 의한 씨감자 생산방법에는 피복비대가 심하고, 부패율이 높은 단점이 있어 이를 보완할 새로운 방법이 절실한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 국내 씨감자의 안정적인 생산과 보급 그리고 자급기반

구축에 두고, 현재까지의 양액재배에 의한 씨감자 생산시 문제가 되고 있는 피목비대로 인한 괴경품질의 저하와 이로 인한 저장시 부패 등의 감모율 증가, 정전시 자가발전시설 등의 추가적인 시설소요, 병에 의한 급속한 오염발생 등의 문제들을 해결하고, 펠라이트를 이용한 배지경 양액재배시 발생하는 폐양액을 오염의 위험이 없이 이를 다시 순환시켜 이용할 수 있는 새로운 심지재배에 의한 안정적인 우량씨감자 재배시스템을 개발하는데 있다.

2. 필요성

가. 기술적 측면

감자는 영양번식작물로 종자로서 필요한 식물체의 양이 10a당 150kg이상 소요되나 증식배율은 벼의 1/150에 불과하다. 그 동안의 무병종서 공급은 주로 생장점배양에 의해 바이러스가 없는 식물을 만들고 이를 배양, 순화과정을 거쳐 기본식물로 만들어 이를 포장에서 3~5단계의 확대증식하는 과정을 거쳐 농가에 보급해왔다. 하지만 기내 인공씨감자 대량생산 기술은 무병씨감자생산에 지대한 영향을 미쳤지만, 생산단가가 높고 괴경크기가 작아 생육초기 포장관리가 어렵고, 입모율이 낮아 생산성이 일반감자의 60~70% 수준에 머무르고 있다. 또한 기내 인공씨감자생산기술에서 진일보한 분무경 양액재배 씨감자를 생산하는 기술은 우량씨감자 대량생산방법으로 정착단계에 접어들고 있다.

하지만 이 분무경양액재배기술의 단점은 생산된 씨감자의 피목비대가 심하고 이로 인해 저장시 부패 등 감모율이 높으며, 역병 등의 병에 노출될 경우 아주 심각한 문제가 발생할 수 있고 정전시를 대비해 자가발전 시설이 추가적으로 필요한 점 등을 들 수 있다. 뿐만아니라 펠라이트 등을 배지로 사용하는 배지경 양액재배에 있어서는 적정한 배지의 습도를 유지하기 위하여 고가의 급액시설이 필요하며, 폐양액의 발생시 이의 처리에 있어서 환경문제가 생길 수 있다.

따라서 이러한 문제들을 해결할 수 있는 대안으로 보다 더 안정되고 대량재배가 가능한 심지재배를 이용한 씨감자생산 기술을 개발하고자 하였다.

나. 경제·산업적 측면

제주도의 농업인구는 총인구의 24.9%로 전국의 농업인구비율 9.5%에 비하여 매우 높다. 이는 제주도 산업이 농업이 대중을 이루고 있음을 나타내고, 감귤, 감자를 비롯한 고소득 경제작물 재배가 왕성하여 제주 지역경제의 기반을 이루고 있음을 뜻한다. 이러한 제주특유의 산업구조 및 전국감자생산량의 30%를 상회하는 감자산업의 중요성은 크다고 하지 않을 수 없다.

전국적으로 25,000ha 면적에서 감자가 재배될 경우 연간 37,500톤의 씨감자가 필요하고, 제주도인 경우 7,000ha의 면적에 10,500톤이 필요하다. 이처럼 매년 상당량의 종서가 필요하지만 우량씨감자 생산량부족으로 현재 우리나라의 연간 씨감자 갱신율은 25% 내외로 낮아 감자 생산성향상 및 농가소득증대에 막대한 지장을 초래하고 있어 이의 갱신율을 더욱 높여 우량씨감자 자급기반을 구축하기 위해서는 현재 우리나라 감자 상위급종서 생산방법의 주를 이루고 있는 양액재배에 의한 씨감자 생산기술을 더욱 향상시킬 필요가 있다.

현재 제주도농업기술원 감자기술센터에서 분무경양액재배로 생산하는 씨감자의 개당 생산비가 100원내외이지만, 심지재배기술을 통해 보다 더 안정되고 대량재배가 가능한 씨감자생산기술이 개발된다면 현재 기본식물뿐 만 아니라 원원종급 씨감자를 이 방법으로 생산하여 생산단가가 낮은 우량씨감자의 농가 공급이 가능할 것으로 사료되어 우량종서 파종효과로 생산량증가 및 품질향상에 의한 경제적 이익을 농가에 가져다 줄 것으로 기대된다.

다. 사회·문화적 측면

감자는 북한 식량문제 해결을 위해서도 아주 중요한 작물이며 국제경쟁력 제고를 위해서 노동 투입비 감소, 생산력 향상을 위한 무병 우량씨감자의 안정적인 생산, 공급이 필수적이다.

따라서 감자재배에 있어서 전체 경영비의 30%이상을 점유하는 종서구입비를 낮추고 감자 양액재배시 발생하는 종서품질저하, 병 그리고 폐양액처리 문제를 해결하기 위한 연구는 전무한 실정이어서 이를 시급히 해결해야 할 것으로 사료된다.

제2절 연구개발의 범위

구분	연구개발 범위
1차 연도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 심지재배용 양액재배 시스템 제작, 플러그묘 생산 <ul style="list-style-type: none"> - 심지재배용 양액재배 시스템 제작 - 조직배양에 의한 감자 무균 shoot 생산 및 증식, 감자묘 생산
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우량씨감자의 안정적 생산을 위한 심지재배용 적정상토 선발 <ul style="list-style-type: none"> - 처리내용: 단용배지 제주송이 등 6 종류, 혼용배지인 제주송이 (1)+피트모스(1) 등 9종류를 난괴법 3반복 배치 - 생육조사: 각 배지별 수분흡수율, 생육, 괴경수량
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 심지재배시 괴경생산성 향상을 위한 적정 심지수 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 처리내용: 배지 2종류 주구, 심지수 5종류를 세구로 10처리 3반복 배치 - 생육조사: 생육형질, 괴경수량
2차 연도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 심지재배시 적정 재식밀도 구명 <ul style="list-style-type: none"> - 처리내용: 2개의배지에 3, 6, 9, 12, 15주/스티로폼 상자를 주구, 상토 2종류를 세구로 처리 - 조사항목 : 경장, 경수, 생체중 등 생육형질과 수량형질 조사
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분무경재배 생산종서의 크기별 심지재배시의 수량성, 품질 비교 <ul style="list-style-type: none"> - 처리내용: 분무경산종서 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20,40g 크기별로 처리, 심지재배용 상자당 9주씩 파종, 반복처리 - 조사: 생육 및 수량
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 분무경재배 생산종서의 절단재배 가능성 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 처리내용: 분무경산종서 5, 10, 20g 전서와 10, 20, 30g을 각각 2절과4절한 처리 등 9처리 4반복으로 심지재배 - 조사: 생육 및 수량
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 심지재배 생산종서의 크기별 포장 생산력 검정 <ul style="list-style-type: none"> - 봄, 가을재배로 구분 시험 - 처리내용: 종서크기별로 8처리 3반복 실시 - 생육조사: 각 시험시기별 생육 및 수량형질 조사
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 심지재배종서의 경제적 생산을 위한 양액공급방법 개선 <ul style="list-style-type: none"> - 처리내용: 심지재배시 마감프케이, 멀티코트, 오스모코트 등 완효성비료와 화학비료처리, 대조구로 양액처리 등 9처리 4반복처리, 화학비료와 완효성비료처리구는 베드내 심지를 통해서 수분만 흡수시킴 - 생육조사: 각 처리별 생육 및 수량형질 조사

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내외 연구동향

감자 양액재배는 1980년대 들어 미국의 National Aeronautics and Space Administration (NASA)에서 우주시대를 대비한 Controlled Ecological Life Support Systems(CELSS: 폐쇄생태계에서의 생활유지시스템) 프로그램의 일환으로 우주에서의 O₂, CO₂, 물, 무기물질 등을 재활용하여 高等植物에 이용하는 연구 중에 수행되었다(Wheeler & Tibbitts, 1986, 1987). 특히 우주에서의 식물생산시스템은 최소한의 양이 요구되므로, 고품배지경이 아닌 NFT 방식이 감자생산에 이용될 수 있다고 했다(Wheeler 등, 1990).

국내에서는 김 등(1993)이 감자수경재배에 의한 소서생산에 관한 연구를 수행하였는데, 1991년에 피경크기의 증대를 목적으로 테시게이터에서 수경재배를 실시하여 피경의 생산 가능성을 확인하였고, 1992년에는 베드저면물홀림 방식으로 감자 양액재배를 실시한 결과, 피경의 크기가 기존의 기내소피경보다 크고 다수확이 가능하여 실용화가 가능하다고 하였다. 그리고 강과 김(1995)이 감자 양액재배 시스템 및 재배방법 등을 구명하기에 이르렀다.

하지만 분무경 양액재배방식은 뿌리가 공기중에 노출되어 緩衝能이 거의 없기 때문에 근권부의 기상조건에 민감한 반응을 보이고, 주기적인 噴霧로 인한 물리적인 자극이 심하여 이에 대한 대상작물의 극복여하에 따라 생육의 차이로 나타나며(강과 김, 1995), 품종에 따라 노지와는 다른 환경으로 인해 피경형성이 잘 안되는 경우도 있는데 이러한 피경형성 처리의 기술적인 문제와 재배특성상 오염의 위험이나 재배기간 중 정전에 대비할 수 있는 시설을 필요로 하며, 피목비대로 생기는 저장력 감소 등 피경의 품질저하와 이로 인한 포장적응력 저하 등(김, 1998; 양 등, 2002)의 문제로 인해 시설면적 확대에 어려움을 겪고 있다.

현재까지 대부분의 실내환경에서의 식물관리시 관수는 대부분의 경우 중력에 의한 물 이동을 주체로 하는 두상관수를 사용해왔다. 그러나 심지관수는 중력에 반하는 모세관현상을 이용한 수분흡수 방식으로 배양토에 따른 수분량과 식물생육이 다르다

(Dole & Coie, 1994). Argo & Biernbaum(1994)에 따르면 심지관수는 剩餘水分을 효율적으로 제어할 수 있고, 물과 비료의 소비량이 가장 적을 뿐만 아니라 생육에도 좋은 것으로 보고하고 있다. 이러한 장점을 지닌 심지재배법을 감자종서 생산에 적용한 연구는 없는 것으로 알고 있다.

제2절 연구결과가 국내외 기술개발에의 위치

심지재배 시스템에서 생산된 씨감자의 크기가 일반씨감자와 비슷한 크기인 塊莖平均重이 40g 내외로 노지포장에서의 환경적응력 또한 분무경 양액재배산 종서에 비해 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 재배면적의 확대가 곤란한 분무경 양액재배를 적당한 면적으로 유지하고 이를 통해 생산된 종서를 심지양액재배를 이용하여 증식시키는 것이 분무경산 씨감자를 크기에 관계없이 사용할 수 있어 씨감자의 증식효율 차원에서도 유리할 것으로 생각된다. 그리고 인공씨감자, 플러그묘 등을 심지재배에 적용하여 1차증식 방법으로 사용하는 것도 충분히 가능할 것으로 판단되었다.

따라서 심지양액재배를 이용 씨감자를 생산할 경우 일반씨감자와 동일한 크기의 피경생산이 가능하여 심지재배산 피경을 농가에 보급함으로써 채종단계의 단축을 기대할 수 있으며, 망실재배시 연작으로 인한 병해 등의 피해도 방지할 수 있다고 판단된다. 또한 전국의 감자재배가 이루어지고 있는 각 지역에 비닐하우스 시설내에 종서생산용 심지재배시스템을 설치함으로써 연중 생산도 가능할 것이라고 생각되고, 이로 인해 씨감자의 운송에 따른 경영비도 줄일 수 있을 것이라고 생각된다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 심지재배용 종서생산 및 심지양액재배시스템 제작

1. 심지재배용 종서생산

감자 순환식 심지양액재배 시스템개발을 위한 연구에 사용한 공시재료는 休眠期間이 짧아 제주지역에서 봄과 가을에 걸쳐 2기작 재배가 가능한 ‘대지(Dejima)’로서, 중·만생종이며 괴경이 둥글고 多收性인 품종이다. 生育特性은 줄기 길이가 길며 초형이 직립개장형으로, 봄재배시에 늦게 播種하거나 시비량을 많게 할 경우 莖葉의 過繁茂로 塊莖着生이 늦어지고 수량이 감소되는 경우가 많은 품종이다.



Fig. 1. Equipments for measure of pH and EC and for the supply of pump, filter and nutrient solution reservoir of aeroponic system for seed potato production used in the development of the wick hydroponic system.



Fig. 2. Potato plants growing(left) and mini-tuber, which used for this study on the development of the wick hydroponic system, formatted(right) in the aeroponic system.

감자 심지양액재배 시스템개발연구에 사용된 種薯는 스티로폼 성형베드(폭 58cm×높이 28cm×길이 120cm) 7개를 연결하여 4 set를 제작한 분무경 양액재배 시스템을 이용하여 자체적으로 생산하였다(Fig. 1과 Fig. 2). Fig. 1은 심지재배기술개발 연구를 위해 사용한 씨감자생산용 분무경 양액재배시스템에 사용한 모터펌프, 양액통, 양액여과기 그리고 양액의 관리를 위해 사용한 pH와 EC meter이며, Fig. 2는 조직배양묘의 정식 직후와 70일 후의 생육(좌)과 괴경이 착생(우)되어 비대중인 사진이다.

2. 감자 심지양액재배 시스템(Wick Hydroponic System) 제작

안정적인 우량씨감자 생산을 위해 자체 제작한 심지양액재배 시스템(Fig. 3)은 培養液의 교환 없이 環境汚染을 줄일 수 있는 循環式 養液栽培 方式이 되도록 4열 2조로 제작하였다. 규격이 폭 58cm×높이 28cm×길이 120cm인 스티로폼 성형베드 7개를 연결하고, 그 내부에 10×12cm의 스티로폼을 성형베드의 양 구석에 두줄로 놓고 흑색 P.E 필름을 깔아 양액이 흐를 수 있도록 제작하여, 성형베드 안쪽에 내경이 31(W)×20(D)×51(L)cm인 폴리스티렌상자(0.031m³)를 거치하여 식물을 재배할 수 있도록 하였다.

Fig. 3. Manufacture process of the wick hydroponic system and potato plant growing in the system.

심지는 수분흡수에 지장이 없는(수주압 20cm) 폴리에스테르 재질의 천(두께 1.3mm)을 폭 1.5cm, 길이 40cm가 되도록 제조하여 폴리스티렌상자에 적당한 간격으로 설치하였으며, 배지의 재료로 사용한 피트모스는 미리 수분을 흡수시킨 후 펄라이트와 제주송이를 적당 비율로 혼합한 후 폴리스티렌 상자에 20ℓ씩 충전하였다.

양액의 베드 내 수면높이는 6~8cm가 되도록 하였고, 이 높이에 양액이 도달하면 자동적으로 排水가 되도록 배수구를 제작하였다. 폴리스티렌상자의 바닥과 양액이 흐

르는 水面과의 간격은 6~8cm로 유지하여 양액흡수에 지장이 없게 하였다.

심지재배연구에 사용된 양액은 Table 1의 조성으로 100배 stock액을 조제하여 사용하였으며, 식물의 全生育期間 동안 培養液의 E.C는 1.2 mS/cm, pH는 5.5~6.5가 되도록 관리하였고, 액온관리는 하지 않았다. 양액의 공급주기는 1/4 HP의 모터펌프를 이용하여 하루에 5회, 10분간 공급이 가능하도록 타이머로 조정하였다. 양액통은 100ℓ 용량의 플라스틱통 2개를 연결하여 사용하였고, 用水는 수돗물을 이용하였고, 용수의 소독목적으로 처리되는 염소제거를 위해 3일 정도 정치 후 사용하였다.

Fig. 3은 순서대로 감자 심지양액재배 시스템의 製作過程과 배지가 충전된 그림과 배수구 그리고 모터펌프와 2개의 양액통이 연결되고 재배조와도 연결된 그림이다. 그리고 완성된 시스템에서 생육중인 감자재배 전경이다.

Table 1. Mineral elements composing the nutrient solution used for this experiment[†].

Macro-element(me/ℓ)		Micro-element(ppm)	
NO ₃ -N	8.0	Fe	11
NH ₄ -N	0.67	Mn	1.0
P	2.0	B	1.4
K	4.0	Zn	0.1
Ca	4.0	Cu	0.04
Mg	2.0	Mo	0.01

[†]The composition is based on the half strength of Japanese Horticultural Experiment Station standard solution.

제2절 우량씨감자 안정생산을 위한 심지재배용 적정배지 선별

1. 서론

감자(*Solanum tuberosum* L.)의 종자는 괴경을 이용하기 때문에 증식율이 10-15배로 다른 작물에 비해 매우 낮았으며(Koo, 1998), 매 작기마다 씨감자를 갱신해 주어야 하나 건전한 씨감자의 확보가 어려워 한번 구입하여 여러 번 재배함으로써 씨감자의 퇴화가 심하다. 우리나라의 상위급 씨감자는 대부분 분무경 양액재배를 이용하여 증식하고 있으며 이에 관한 연구가 많이 수행되고 있다(Kang 등, 1996; Kim 등, 1998; Kang 등, 2002). 하지만 양액재배된 소괴경은 피목비대가 심하여 저장시 부패 등으로 인해 감모율이 높고, 역병 등에 노출될 경우 심각한 문제가 발생하는 것으로 알려져 있어 보다 안정적인 씨감자 생산방법이 요구되어진다.

심지관수는 물과 비료의 소비량이 가장 적을 뿐만 아니라 작물의 생육에도 좋은 것(Argo와 Biernbaum, 1994)으로 알려져 있지만, 배지의 구성에 따라 양·수분 보유능력이 달라 작물의 생육도 달라질 수 있음을 유추할 수 있다(Dole과 Cole, 1994). 현재 국내에는 피트모스, 펄라이트 및 버미큘라이트의 혼합비율을 달리하여 조제된 배지가 주로 사용되고 있다(Son 등, 2000). 하지만 피트모스 및 펄라이트는 전량 수입되고 있으며, 버미큘라이트도 일부 국산 원석을 가공하여 시판되고 있지만 대부분은 중국산 원석을 수입한 후 가공되어 시판되고 있다. 따라서 수입원자재를 이용하여 조제된 배지는 가격이 비싸고 작물재배에 이용할 경우 재배원가 상승의 원인이 되므로 국산자재를 이용한 배지개발이 시급하다고 할 수 있다. 제주지역에 20억톤 이상 매장되어 있는 제주송이는 화산성 퇴적암류 및 이들의 부서진 화산사, 화산재 및 화산탄이 혼합되어 있다. 이들 고형물은 다공질로서 보수성과 배수성, 통기성이 우수하며, 화학적으로 안정적이고(Chang과 Kim, 1992), 가격면에서 유리하여 양액심지재배시 배지재료로 적합할 것으로 판단되었다.

본 연구는 감자 분무경 양액재배의 문제점을 해결하기 위한 방안의 하나로 심지재배법을 이용하여 상위급 씨감자를 생산하는데 있어 제주송이 등이 혼합된 배지에서 변화된 토양물리성과 씨감자의 생산성을 구명하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

감자는 조직배양한 대지(Dejima)품종의 줄기를 버미큘라이트+펄라이트+피트모스(1:1:1, v/v/v)를 혼합한 72구 트레이 묘판(부피 55cm³)에 삽목하였다. 주간 20℃, 야간 16℃의 온도와 16시간의 일장조건하에서 발근을 유도한 후 플러그묘판에서 육묘하였다. 9월 19일 심지를 통해 물과 양분을 흡수시키는 심지재배용 재배대에 m²당 33주 비율로 정식하였다.

연구에 사용한 재배대에는 내경 510(L)×315(W)×200(H)mm인 스티로폼 상자에 1.5(W)×40(L)cm인 양액흡수용 심지를 6개씩 설치하였고, 상자당 배지를 20리터씩 충전하였다. 양액은 일본원시액(N 11.2, P 2.1, K 15.6, Ca 8, Mg 2.4, S 3.2me · L⁻¹)을 0.5배의 농도로 사용하였다. 양액의 공급은 ebb & flow 방식으로 모터펌프와 타이머를 장치하여 10분당 1분씩 공급하였고, pH는 5.5-6.5, EC는 0.5-2.0dS · m⁻¹이 유지되도록 관리하였다.

시험구 처리는 제주송이(JS), 펄라이트(PL), 피트모스(PM), 코크피트(CP)를 부피 비율로 혼합한 JS+PM(1:1), JS+PM(1:2), JS+CP(1:1), JS+CP(1:2), PL+PM(1:1), PL+PM(1:2), PL+CP(1:1) 및 PL+CP(1:2) 등 혼합배지 8종류 및 대조구로 상품화된 BM2 배지(Berger Peat Moss사, Canada, 이하 CM으로 표기) 등 9가지의 처리를 하였다(Table 2). 대조구의 조성은 버미큘라이트 10-20%, 피트모스 70-80%, 펄라이트 10-20%이었으며, 제주송이는 제주지역에 대량 매장되어 있는 직경 5-10mm 크기의 것을 수세하여 사용하였다. 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였다.

생육조사는 정식 50, 70일후에 초장, 경직경, 엽장, 엽폭 등을 조사하였으며, 정식 90일후에 수확하여 지상 및 지하부 생체중, 괴경수량, 괴경수 등을 조사하였다. 시험배지의 물리성을 조사하기 위하여 감자수확직후 배지처리별로 공극률(total porosity), 액상율(moisture capacity), 진비중(particle density)과 가비중(bulk density)을 측정하였으며 측정방법은 농촌진흥청에서 제시한 시험연구조사기준(RDA, 1983)에 준하였다.

Table 2. The volume ratio of nine root media used in the experiment.

Treatment	Root medium
CM	commercial growing mix. ^z
JS+PM	Jeju scoria + peatmoss = 1 : 1
JS+PM(1:2)	Jeju scoria + peatmoss = 1 : 2
JS+CP	Jeju scoria + cocopeat = 1 : 1
JS+CP(1:2)	Jeju scoria + cocopeat = 1 : 2
PL+PM	perlite + peatmoss = 1 : 1
PL+PM(1:2)	perlite + peatmoss = 1 : 2
PL+CP	perlite + cocopeat = 1 : 1
PL+CP(1:2)	perlite + cocopeat = 1 : 2

^z vermiculite 10-20, peatmoss 70-80, perlite 10-20%. Berger Peat Moss, Quebec, Canada.

3. 결과 및 고찰

감자수확 직후 처리배지별 물리적 특성은 Table 3에서 보는 바와 같다. 공극률은 PL+PM(1:2)배지에서 높게 나타났다. 배지종류별 공극률은 코크피트 및 피트모스의 혼합비율이 높을수록 증가하였고, 제주송이 및 펄라이트 혼합량이 높아질수록 감소하는 경향을 보였다. 감자 수확직후의 배지에 물로 충전되어 있는 양을 나타낸 액상율 (moisture capacity)은 코크피트와 피트모스의 비율이 많을수록 높아졌다.

배지의 용적에 대한 건조 고형물의 비를 나타내는 가비중은 제주송이가 혼용된 JS+CP, JS+PM배지에서 각각 0.45, 0.39g · mL⁻¹로 높은 비율을 나타내었다. 진비중에서도 이와 유사한 경향치를 나타내었다. 본 시험의 혼합배지중 제주송이나 펄라이트에 피트모스를 2배로 혼합한 배지가 공극률이 높게 측정되었다. Lee 등(1993)도 펄라이트는 EC에 가장 영향을 적게 주고 배지내 공극율을 높인다고 하여 본 연구결과와 유사한 보고를 한 바 있다.

Table 3. Physical properties of media used for the experiment.

Medium ^z	Total porosity ^y ------(%)-----	Moisture capacity	Bulk density ------(g · mL ⁻¹)-----	Particle density
CM	84.96	53.90	0.15	1.01
JS+PM(1:1)	83.99	48.25	0.39	2.41
JS+PM(1:2)	86.07	58.51	0.26	1.89
JS+CP(1:1)	80.44	40.01	0.45	2.29
JS+CP(1:2)	83.86	53.76	0.34	2.10
PL+PM(1:1)	84.26	63.74	0.14	0.89
PL+PM(1:2)	87.65	75.54	0.12	0.94
PL+CP(1:1)	78.32	65.19	0.15	0.70
PL+CP(1:2)	82.36	68.95	0.14	0.78
LSD(0.05) ^x	8.62	4.19	0.06	0.13

^zSee table 2.

^yPercentage volume in container.

^xSignificant at 5% probability level.

가. 생육형질

배지종류에 따른 생육은 Table 3과 같다. 초장은 정식 50일과 70일후 조사에서 펄라이트와 제주송이에 피트모스를 혼합한 배지가 31-35cm로 코크코피트를 혼합한 배지보다 월등히 컸으며, 엽장, 엽폭 및 초장에서도 유사한 경향을 나타내었다. 주당 지상부생체중은 JS+PM(1:2)혼합배지에서 94.4g으로 가장 무거웠으며, PL+PM(1:2), PL+PM(1:1)배지, 대조구인 CM배지와 JS+PM(1:1)배지 순으로 적어졌다. 근생체중에서도 이와 유사한 경향을 나타내었으나 통계적인 유의차는 없었다. 본 연구에서 펄라이트와 피트모스를 혼합한 배지에서 초장, 지상부 생체중 등 생육이 우수하였는데, 이는 펄라이트의 유효수분 함량을 높일 수 있는 피트모스를 혼합하여 배지를 조제함으로써 물리성이 안정된 배지가 만들어진 것(Benoit와 Ceustermans, 1990; Wilson, 1986; Lee 등 1993)에 기인한 것으로 판단된다.

Table 4. Effect of medium composition for capillary culture on growth characters of potato plug plantlets 50 and 70 days after transplanting.

Medium ^z	After 50 days				After 70 days			
	Plant height	Leaf length	Leaf width	Stem diameter	Plant height	Leaf length	Leaf width	Stem diameter
	------(cm)-----			(mm)	------(cm)-----			(mm)
CM	21.44	16.24	7.68	4.30	24.83	17.98	8.00	4.36
JS+PM(1:1)	31.31	18.79	9.98	3.92	32.25	19.50	10.09	4.11
JS+PM(1:2)	33.36	22.49	10.29	4.39	34.19	23.70	10.42	4.67
JS+CP(1:1)	14.73	12.53	8.01	2.81	15.28	13.58	8.16	3.15
JS+CP(1:2)	19.64	13.73	7.64	3.51	20.30	14.85	8.10	3.61
PL+PM(1:1)	33.36	17.89	9.74	3.28	35.04	18.99	9.84	3.58
PL+PM(1:2)	34.86	19.49	9.27	3.83	35.26	20.86	9.59	4.09
PL+CP(1:1)	10.39	9.84	5.66	2.15	11.20	9.40	5.84	2.64
PL+CP(1:2)	11.89	10.83	5.58	2.78	13.21	11.41	6.01	2.95
LSD ^y (5%)	5.62	3.76	2.26	0.82	6.56	3.83	2.57	0.83

^zSee table 2.

^ySignificant at 5% probability level.

나.수량형질

정식 90일 후 수확한 피경관련 수량형질은 Table 5에서 보는 바와 같이 1m²당 총서수량은 JS+PM(1:2)혼합배지에서 6,339g으로 가장 무거웠으며, 다음으로 PL+PM(1:2), PL+PM(1:1)배지 및 JS+PM(1:1)배지 순이었다. 주당 피경수는 대조구인 CM배지에서 가장 많았고, 다음으로 JS+CP(1:1)배지에서 많은 것으로 조사되었다. 그러나 피경의 평균중은 PL+PM(1:2), JS+PM(1:2) 혼합배지 순으로 무거워 총서중과 유사한 경향을 나타내었다. 혼합배지중 JS+PM(1:2)와 PL+PM(1:2)배지에서 지상부 생체중 및 m²당 피경수량이 가장 양호한 것으로 나타났다. 이와 같이 제주송이나 펠라이트에 피트모스를 2배로 혼합한 배지에서 감자의 생육이 양호한 결과를 보인 것은 제주송이 및 펠라이트는 배수성, 통기성이 우수하고(Chang과 Kim, 1992), 피트모스는 보수성을 증가시켜(Son 등, 2000) 감자생육에 유리한 토양으로서의 역할을 할 수 있었기 때문으로 판단된다.

Table 5. Effect of medium composition for capillary culture on fresh weight, number of tuber per plant and tuber yield of potato plug plantlets 90 days after transplanting.

Medium ^z	Top fresh weight ----- (g/plant) -----	Root fresh weight	No. of tubers/plant	Tuber weight (g)	Tuber yield (g/m ²)
CM	45.42	4.07	10.72	5.30	2,222
JS+PM(1:1)	44.14	6.32	4.33	35.91	4,801
JS+PM(1:2)	94.38	7.78	5.08	43.00	6,339
JS+CP(1:1)	19.98	6.03	6.39	8.66	1,652
JS+CP(1:2)	27.50	5.21	6.58	11.57	2,045
PL+PM(1:1)	59.27	6.96	4.63	31.24	4,705
PL+PM(1:2)	64.19	5.82	2.45	66.98	5,035
PL+CP(1:1)	21.52	2.30	5.33	5.72	1,018
PL+CP(1:2)	12.84	7.12	4.17	7.61	1,176
LSD ^y (5%)	2.65	0.42	3.78	2.83	438

^zSee table 2.

^ySignificant at 5% probability level.

4. 요약

스치로폼 베드에 8종류의 배지를 충전한 후 6개의 심지를 꽂아 양액을 심지관수할 경우 감자의 생육 및 괴경수량 그리고 배지의 물리성 변화에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

시험구는 제주송이+피트모스, 제주송이+코크피트, 펄라이트+피트모스, 펄라이트+코크피트를 1:1 또는 1:2의 부피비율로 혼합한 8종류의 혼합배지 및 대조구로 상품화된 BM2 배지 등 9가지 처리를 하였다. 공극률은 펄라이트+피트모스(1:2)에서 가장 높게 측정되었다. 가비중은 제주송이+코크피트(1:1) 배지에서 가장 높았고 다음으로 제주송이+피트모스(1:1) 배지에서 높았다. 혼합배지의 액상율은 코크피트와 피트모스의 비율이 많을 수록 높아지는 경향이였다. 감자의 지상부 생육은 제주송이+피트모스(1:2)배지에서 가장 우수하였다. 1m²당 총서수량과 괴경평균중은 제주송이+피트모스(1:2), 펄라이트+피트모스(1:2)배지에서 가장 높았다. 전반적으로 감자생육과 씨감자의 수량은 제주송이나 펄라이트에 피트모스를 2배로 혼합했을 때 양호하였다.

제3절 심지재배시 괴경생산성향상을 위한 적정심지수 구명

1. 서론

우리나라 감자(*Solanum tuberosum* L.) 재배면적은 '90년대 이후 매년 증가하여 2001년도에 24,691 ha이었으며, 그 중 제주도는 4,388 ha로 가을감자인 경우 전국재배면적의 54%를 차지하고 있다(농림부, 2002). 하지만 감자는 매 작기마다 종서를 갱신해 주어야 하는데, 건전종서확보의 어려움으로 1차 구입종서를 이용하여 2~4작까지 재배하고 있으며(유언하, 1990), 정부보급종 보급률이 25%수준으로 농가의 수요량에 미치지 못하고 있다(Kim, 2000).

종서공급방법으로 주로 이용되고 있는 분무경양액재배산 소피경은 피목비대가 심하여 저장시 부패 등 감모율이 높고, 역병 등에 노출될 경우 심각한 문제가 발생하고 있다. 뿐만아니라 perlite 등을 이용한 배지경양액재배는 적정한 배지의 습도를 유지하기 위하여 고가의 급액시설이 필요하며, 폐양액의 발생시 처리에 있어 환경문제가 발생하여 대안이 필요한 실정이다. 이에 반해 심지에 의한 관수는 물과 비료의 소비량이 가장 적을 뿐만 아니라 생육에도 좋으나(Argo & Biernbaum, 1994), 심지의 규격 및 배양토의 조성이 용기내의 함수량에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다(Son *et al.*, 2000).

배양토 물리성중 식물에 가장 많은 영향을 미치는 것은 수분량과 공극율의 상대적 비율이다(Reed, 1996). De Boedt & Verdonck(1972)는 상토재료의 적정물리성을 총공극량 85%, 1kPa에서의 공기 20~30%, 이용수분 20~30%로 제시하고있다. 이와 비교할 때 총공극량면에서는 perlite가 적당하나, 이용수분면에서는 peatmoss와 perlite가 과다한 것으로 알려져 있다(Jo *et al.*, 1997). 하지만 심지관수시에는 용기내 배양토에 지속적인 수분공급이 있더라도 일정한 수분량을 유지하여 과습해가 발생치 않는 것으로 보고되고(Son *et al.*, 2000) 있다. 한편, 제주송이는 보수성과 배수성, 통기성이 우수하여 화학적으로 안정되어있고(Chang & Kim, 1992) 가격면에서 유리하여 심지재배시 배지재료로 적합할 것으로 보인다.

따라서 감자 분무경양액재배의 문제점을 해결할 수 있는 방안의 하나로 심지재배

법을 이용하여 건전종서 대량생산기술을 개발하고자 심지수 및 배지조합에 따른 상위 급종서의 지상부생육, 괴경생산성을 구명하였다.

2. 재료 및 방법

조직배양한 감자품종 대지(Dejima)의 shoot를 vermiculite+perlite+peatmoss를 혼합한 72구 트레이 묘판(깊이 6.0 cm, 부피 55 cm³)에 삽목하여 주간 20℃, 야간 16℃의 온도와 16시간의 일장조건하에서 발근유도후 potting화하였다. 이 플러그묘를 2001년 10월 17일 제주대학교 유리온실에서 심지를 통해 물과 양분을 흡수시키는 심지재배용 재배대에 m²당 33주 비율로 정식하여 실험을 실시하였다.

연구에 사용한 재배대는 내경 51(길이)×31.5(폭)×20(높이) cm인 스티로폼베드(0.032 m³)에 양액흡수용 심지를 꽂은 후 배지를 20리터씩 충전하였다. 베드하단에 심지가 양액을 흡수할 수 있도록 800(길이)×60(폭)×30(높이) cm 크기의 C자형의 스티로폼틀에 흑색비닐을 덮은 수로를 설치하였다. 양액은 모터펌프와 타이머를 장착한 C자형수로 저면에 1/2 일본원시액을 10분마다 1분씩 물흐림방식으로 공급하였다. 양액의 pH는 5.5~6.5, EC는 0.5~2.0 dS/m를 유지하여 관리하였다.

시험구처리는 배지종류를 Jeju scoria+peatmoss(1:2, v/v), perlite+peatmoss (1:2, v/v) 등 2종류로 하였으며 이하 각각 SP2, PP2로 나타내었다. 심지(1.5cm×40cm)는 스티로폼 베드당 2, 4, 6, 8, 10개씩 5종류로 처리하였고 배지종류를 주구, 심지수를 세구로 한 분할구배치법 3반복으로 배치하였다. Jeju scoria(제주송이)는 제주지역에 대량 매장되어 있는 직경 5~10mm 범위의 크기의 것을 수세하여 사용하였다.

조사형질은 처리별로 정식 50일과 70일후 초장, 경직경, 엽장, 엽폭을 조사하였으며 90일후에 수확하여 괴경수량, 괴경수 등 수량관련 형질을 조사하였다. 시험 배지의 물리성을 조사하기 위하여 시험전과 감자수확직후 배지별로 총공극량(total porosity), 수분함유량(moisture capacity), 진비중(particle density)과 가비중(bulk density)을 측정하였다. 배지의 물리성, 재배방법 및 생육과 수량조사는 농촌진흥청 농사시험연구기준에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

감자 심지재배시 적정배지와 심지수를 구명하기 위하여 경삼 플러그묘를 스치로폼 베드에 정식, 재배하여 조사된 지상부생육과 괴경수량형질의 변화 및 배지의 물리적 특성을 표 6, 7, 8에 나타내었다.

Table 6. Physical properties of media before and after the experiment.

Medium [†]	No. of wicks	Exp. before				Exp. after			
		Total porosity [‡] ---(%)---	Moisture capacity	Bulk density (g · mL ⁻¹)	Particle density	Total porosity [‡] ---(%)---	Moisture capacity	Bulk density (g · mL ⁻¹)	Particle density
SP2	2	63.83	35.28	0.59	1.60	84.78	47.32	0.321	2.109
	4	63.42	35.48	0.56	1.61	85.04	59.12	0.307	2.054
	6	64.29	35.89	0.48	1.59	89.20	63.21	0.210	1.934
	8	63.96	36.02	0.52	1.63	85.06	61.88	0.286	1.915
	10	63.62	35.68	0.53	1.60	85.17	61.70	0.259	1.748
	Avg.	63.82	35.67	0.54	1.61	85.85	58.64	0.277	1.952
PP2	2	59.86	54.93	0.23	0.53	78.52	63.25	0.118	0.732
	4	59.24	56.28	0.26	0.63	88.52	78.88	0.121	1.053
	6	59.36	56.24	0.28	0.65	79.91	77.64	0.122	0.609
	8	59.10	55.98	0.24	0.62	86.57	79.67	0.119	0.890
	10	58.94	56.23	0.27	0.52	87.32	78.19	0.121	0.958
	Avg.	59.30	55.93	0.26	0.59	83.87	75.53	0.120	0.848
Avg.	2	61.85	45.11	0.41	1.07	84.33	55.28	0.220	1.420
	4	61.33	45.88	0.41	1.12	85.28	69.00	0.214	1.553
	6	61.83	46.07	0.38	1.12	84.55	70.42	0.166	1.272
	8	61.53	46.00	0.38	1.13	85.82	70.78	0.203	1.403
	10	61.28	45.96	0.40	1.06	86.25	69.94	0.190	1.353
§LSD0.05(1)						NS	10.80	0.067	0.071
LSD0.05(2)						NS	9.35	0.034	0.005
LSD0.05(3)						NS	NS	0.049	0.007
¶LSD0.05(4)						NS	NS	0.075	0.071

[†] SP2 : Jeju scoria + peatmoss (1:2, v/v), PP2 : perlite + peatmoss (1:2, v/v)

[‡] Percentage volume in container

[§]LSD 0.05(1): Between medium means

LSD 0.05(2): Between the number of wick means

LSD 0.05(3): Between the number of wick means for the same medium

LSD 0.05(4): Between medium means for the same or different the number of wick.

가. 배지의 물리성

심지수 및 처리배지별 배양토의 물리적특성은 표 6에서 보는 바와 같다. 배지에서 공극이 차지하는 백분율을 나타내는 총공극량은 수확후에는 시험전 공극량(59~63%)보다 높게 나타났으며, SP2배지와 PP2배지간에 차이가 없이 83~85%을 보였다. 심지수별로는 심지수가 많아질수록 총공극량이 높아지는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

배지용적에 대한 건조고형물의 비를 나타내는 가비중은 수확후에는 시험전 토양보다 낮아졌으며, 배지별로는 Jeju scoria가 혼용된 SP2 배지가 $0.27 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 높은 비율을 나타내었고 심지수간에는 $0.16 \sim 0.22 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 으로 일정한 경향을 보이지 않았다. 진비중에서도 이와 유사한 경향치를 나타내었다.

배지가 물로 충전되어 있는 양을 나타낸 수분함유량(moisture capacity)은 수확후에는 시험전보다 높아졌으며 배지별로는 SP2배지보다 PP2배지가 높았다. 심지수간에는 심지수가 많아질수록 55%에서 70%로 함량이 많아지는 추세를 보였는데 이는 심지수가 늘어날수록 수분흡수가 증가하는데서 기인한 것으로 사료된다.

나. 감자 생육형질

배지종류 및 심지수에 따른 경삽플러그묘의 초장은 배지종류별로는 생육중반기인 정식 50일후에 SP2배지보다 PP2배지에서 더 길어졌으나 생육후반기인 70일후에는 배지종류간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 경직경, 엽장, 엽폭의 형질은 배지별로는 비슷하였으며, 심지수처리에서는 심지수가 많아질수록 관련형질이 양호해지는 추세를 보였다.

지상부생체중은 배지종류별로는 차이가 없었으나, 심지수별로는 심지 6개이상 처리구에서 무거운 것으로 나타났다. 근생체중도 지상부생체중과 유사한 경향을 보였다. 주당괴경수량 및 주당평균괴경중은 심지수 6개처리구에서 양호해지는 추세를 보였다.

Table 7. Effects of wick number and medium composition for wick culture on growth characters at 50 and 70 days after transplanting potato plug seedlings.

Medium [†]	No. of wicks	After 50 days				After 70 days			
		Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)
SP2	2	20.54	2.10	18.47	11.17	22.93	2.83	21.39	11.20
	4	22.18	2.40	18.44	10.84	23.28	2.85	20.31	11.62
	6	24.04	2.36	22.48	13.64	24.32	3.59	24.35	14.29
	8	24.33	2.81	18.35	10.83	27.16	3.29	20.34	11.81
	10	25.83	2.36	23.81	12.98	30.06	3.22	25.09	14.14
	Avg.	23.39	2.41	20.31	11.89	25.55	3.16	22.30	12.61
PP2	2	23.90	2.10	19.42	11.27	24.64	3.68	22.42	12.51
	4	21.59	1.96	17.13	10.52	25.35	3.70	19.17	10.53
	6	24.68	2.01	17.38	9.98	26.50	3.15	19.53	10.92
	8	26.39	2.41	22.20	11.25	28.02	3.40	23.91	12.46
	10	25.85	2.56	19.57	9.70	32.41	3.53	23.18	10.01
	Avg.	24.48	2.21	19.14	10.55	27.38	3.49	21.64	11.29
Avg.	2	22.22	2.10	18.94	11.22	23.79	3.26	21.90	11.85
	4	21.89	2.18	17.79	10.68	24.31	3.27	19.74	11.07
	6	24.36	2.19	19.93	11.81	25.41	3.37	21.94	12.60
	8	25.36	2.61	20.28	11.04	27.59	3.34	22.12	12.14
	10	25.84	2.46	21.69	11.34	31.24	3.37	24.14	12.08
† LSD0.05(1)	0.49	NS	NS	NS	NS	0.29	0.42	NS	
LSD0.05(2)	2.34	0.32	1.66	NS	3.25	NS	2.23	NS	
LSD0.05(3)	NS	NS	2.34	NS	NS	0.57	3.15	1.83	
LSD0.05(4)	NS	NS	2.34	NS	NS	0.57	2.85	2.39	

[†] SP2 : Jeju scoria + peatmoss (1:2, v/v), PP2 : perlite + peatmoss (1:2, v/v)

[‡] LSD 0.05(1), (2), (3), (4): See table 6.

Table 8. Effects of wick number and medium composition for wick culture on fresh weight, number of tuber per plant, tuber weight and tuber yield at 90 days after transplanting potato plug seedlings.

Medium [†]	No. of wicks	Top fresh weight (g/plant)	Root fresh weight (g/plant)	Moisture content (%)	No. of tuber (/plant)	Tuber weight (g)	Tuber yield (g/m ²)
SP2	2	48.00	1.20	47.32	2.57	33.86	2358.15
	4	43.68	1.68	59.12	2.10	30.03	2605.05
	6	67.85	2.36	63.12	3.30	38.65	4354.12
	8	67.81	1.87	61.88	3.21	28.54	3042.66
	10	71.37	1.99	61.70	4.13	29.71	3998.79
	Avg.	57.74	1.82	58.64	3.06	32.16	3271.75
PP2	2	42.19	1.70	63.25	2.60	18.06	2465.93
	4	50.54	1.44	78.88	4.17	29.38	2459.15
	6	61.62	1.96	77.64	4.70	30.98	4804.41
	8	67.60	2.69	79.67	3.18	33.12	3338.08
	10	57.47	2.04	78.19	3.28	26.92	2921.85
	Avg.	53.88	1.97	75.53	3.58	27.69	3197.88
Avg.	2	45.09	1.45	55.28	2.58	25.96	2412.04
	4	47.11	1.56	69.00	3.13	29.70	2532.10
	6	64.73	2.16	70.42	4.00	34.81	4579.27
	8	67.70	2.28	70.78	3.19	30.83	3190.37
	10	59.42	2.01	69.94	3.71	28.31	3460.32
[‡] LSD0.05(1)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
LSD0.05(2)	13.32	0.58	9.35	NS	NS	698.18	
LSD0.05(3)	18.83	NS	NS	NS	NS	NS	
LSD0.05(4)	18.77	NS	NS	NS	NS	NS	

[†] SP2 : Jeju scoria + peatmoss (1:2, v/v), PP2 : perlite + peatmoss (1:2, v/v)

[‡] LSD 0.05(1), (2), (3), (4): See table 6.

1m²당 총서수량은 배지종류별로는 SP2배지와 PP2배지간에는 차이가 인정되지 않았으나 심지수에서는 심지수 6개처리구에서 가장 많았다. 다음으로 심지수 8개 및 10개 처리구, 2개 및 4개 처리구 순으로 나타났다.

이 등(1996)은 peatmoss가 혼합된 배양토에서 지상부생체중, 보수력 등이 가장 높

게 나타났으며, 건물중도 가장 무거웠다고 보고하고 있으며, Chang *et al.*(1992)은 송이는 락울, perlite 및 토양재배구에 비해 보수성 및 수량이 차이가 없는 것으로 보고하였는데 본 시험에서도 Jeju scoria에 peatmoss를 혼합한 배지에서 물리적 특성이 양호한 것으로 조사되었다.

심지재배에 있어서 심지의 수는 공급되는 양액을 배지에 공급하고 배지의 상태를 식물체의 생육에 최적인 상태로 유지할 수 있도록 하는 수단으로써 매우 중요하다. 0.032m² 부피의 스티로폼베드에 양액흡수용 심지를 2~4개까지 처리한 구에서는 양액 및 수분흡수량이 부족하여 생육이 부진하였던 반면 8개이상 처리구에서는 양액 및 수분흡수, 보존력이 지나쳐 수분과잉상태에 의한 감자 괴경수량 관련형질이 불량해진 것으로 판단되었다. 또한 양액 과잉흡수로 인해 줄기와 잎이 과번무되어 지상부와 지하부 생육불균형을 초래하였고, 괴경 성숙을 지연시킨 것으로 보인다(Lauer, 1963; Ojala *et al.*, 1990).

따라서 감자 심지재배는 최적배지와 적정심지수가 선정되면 고체배지를 이용할 수 있는 장점을 지니고 있다. 따라서 분무경양액재배처럼 무조건 경삽묘나 조직배양 유식물체를 이용할 필요없이 무병 건전종서를 직접 고체배지에 파종하여 재배함으로써 양액재배시 초래될 수 있는 종서의 피목비대, 부패 및 정전시의 위험 등을 방지할 수 있어 상위급종서생산을 늘릴 수 있는 대안이 될 것으로 사료된다.

결론적으로 심지재배방법을 이용한 감자 건전종서대량생산을 위한 적정배지선발 시험결과 SP2배지와 PP2배지간에는 감자생육에 차이가 없는 것으로 나타났다. 하지만 국내 생산가능성, 배지구입비 등을 종합해 볼 때 제주지역에 대량 매장되어 있는 제주송이를 재료로 한 SP2배지에 심지수 6개를 처리하여 재배하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

4. 요약

심지재배방법을 이용하여 감자 상위급종서의 대량생산기술을 개발하고자 경삽플러그묘를 SP2, PP2 2종류의 배지와 5종류의 심지수(폭 1.5 cm, 길이 40 cm)를 처리한 스티로폼 베드(길이 51×폭 31.5×높이 20 cm, 0.032 m³)에 정식, 재배하여 배지의 물리성과 생육형질을 조사한 결과는 다음과 같다.

수확직후 총공극량은 SP2배지와 PP2배지간에 차이가 없이 83~85% 수준이었다. 가비중은 배지별로는 Jeju scoria가 혼용된 SP2배지가 $0.27 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 로 높은 비율을 나타내었으며 심지수간에는 일정한 경향을 보이지 않았다.

수확직후 배지내의 수분함유량은 SP2배지보다 PP2배지가 높았으며 심지수간에는 심지수가 많아질수록 55%에서 70%까지 함량이 많아지는 추세를 보였다.

감자 지상부의 생육형질은 심지수가 많아질수록 증가하는 것으로 나타났다.

1m²당 총서중과 괴경평균수량은 SP2배지와 PP2배지 모두 심지수 6개에서 가장 높았다.

제4절 심지양액재배시 상토별 적정栽植密度 구명

1. 서론

감자는 營養繁殖作物로 병리적, 생리적인 退化率이 높아 種子 갱신효과가 크다. 그러나 종자로서 필요한 식물체의 양이 10a당 200~240kg정도 소요되어 단위면적당 종서소요량이 많고 增殖倍率은 비의 1/150에 불과하여 일시에 종서 갱신을 높이는 것은 곤란하다(이, 1994).

현재 상위단계 씨감자생산에 이용되고 있는 噴霧耕 養液栽培를 이용한 씨감자 생산은 기상환경조건과 품종에 따른 生育反應의 차이로 인한 塊莖形成處理의 기술적인 문제와 根圈部緩衝能 부족으로 인한 停電對備施設의 필요, 그리고 분무경 양액재배시스템의 특성으로 인한 병 등의 오염가능성과 감자의 皮目肥大로 인한 종서품질과 性能低下 등의 문제로 施設面積 확대에 어려움을 겪고 있다(강과 김, 1996; 김, 1998; 양 등, 2002). 이러한 문제점들로 인해 현재 고령지 농업시험장과 제주도 농산물원종장 등 전국 20여개 지역(김, 2002)에서 분무경 양액재배를 이용하여 씨감자를 생산하고 있으나 平均施設面積은 60여 평에 지나지 않고 있다.

양액재배 시스템은 크게 비순환식 양액재배와 순환식 양액재배 시스템으로 나눌 수 있는데, 전자는 시스템 구조가 간단하여 시설비가 저렴하고 根圈에서 발생하는 病原菌의 傳染을 막을 수 있어 病害對策을 확실히 하지 않고도 재배가 가능하지만, 비료의 損失量이 많고 環境汚染을 초래하는 문제점이 있다. 후자는 비순환식 양액재배 시스템에 비해 비료의 손실도 1/7~1/8 수준으로 낮출 수 있어서 환경보전뿐만 아니라 비료의 손실차원에서도 적극적으로 研究檢討되고 있다. 그러나 순환식 양액재배시스템은 양액을 순환시키는 시스템이 추가되어 비순환식 양액재배보다 더욱 복잡해지고 시설비가 많이 든다. 또한 양액의 재사용에 따른 무기성분의 불균형으로 작물의 生育不良, 根圈 病原菌이 擴散될 우려가 있으며 이것을 극복하기 위해 消毒 시스템을 추가로 도입해야하는 등의 문제점이 있다(경기도 농업기술원, 1999).

그러나 심지관수는 양액이 배지에 직접적으로 접촉하지 않고 공급하기 때문에 循環式 養液栽培가 가능하며, 양액을 순환시키는 시스템이 아주 간단하여 기존의 固形培地耕에 비해 施設費가 적게 든다. 그리고 양액중의 무기성분 불균형의 해소가 가능하

며, 특히 기상환경의 변화에 따른 양수분의 공급조절이 심지에 의해서 가능하여 최근 室内植物의 최적의 관수방법으로 이용되고 있다.

따라서 순환식 심지양액재배를 통한 채종단계의 단축가능성과 인공씨감자, 양액재배산 소괴경, 플러그묘, 경삽묘 등 환경적응력이 약한 씨감자의 안정적인 증식을 위한 방법으로서의 심지재배시스템 적용가능성을 검토하기 위한 적정 栽植密度 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

심지양액재배시 분무경산 종서의 적정 栽植密度와 배지를 구명하기 위하여 제주송이(scoria)+피트모스(1:2, v/v), 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 혼합배지 2종류를 主區로, 폴리스티렌상자 당 3, 6, 9, 12, 15주의 栽植密度 처리를 細區로 한 분할구배치 3반복으로 시험하였다.

시험에 사용한 종서는 2001년 가을에 분무경 양액재배시스템에서 생산된 무게가 7g인 소괴경을 이용하였으며, 작물재배용 폴리스티렌상자에는 제조된 混合培地를 20ℓ씩 충전하고, 심지를 수직으로 세워 6개를 꽂아 사용하였다. 播種은 2002년 3월 22일에 하여 70일 후에 생육조사를 하였고, 6월 21일에 수확하여 등급별 수량 등의 特性을 조사하였다.

3. 결과

가. 생육형질

심지재배시 적정한 栽植密度를 구명하기 위해 2001년 가을재배산 분무경 씨감자를 이용하여 두 종류의 혼용배지에 각각 폴리스티렌 상자당 3, 6, 9, 12, 15주(19, 37, 56, 75, 93주/m²)를 播種 70일이 경과한 후의 生育形質에 대한 조사결과는 Table 9와 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 出現率은 培地種類 처리구에서 99% 이상, 栽植密度 처리구에서 97% 이상으로 양호하였고, 처리 간에 유의한 차이는 없었다. 제주송이(scoria)+피트모스 혼용배지(1:2, v/v)보다 펄라이트+피트모스 혼용배지(1:2, v/v)가 전체적인 生育形質이 양호하였으나 처리간 유의한 차이는 없었고, 培地種類와 栽植密度 간의

상호작용에 대한 유의성도 없었다.

Table 9. Effects of medium and planting density in wick hydroponics on growth characters of 'Dejima' potato at 70 days after planting[†].

Solid mediums [‡]	Planting densities [§]	Emergence rate(%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)	Top fresh weight/m ² (g)
A	3	100.0	30.3	21.0	10.70	1.00	8.25	81.1	6,845.9
	6	100.0	25.1	17.0	7.44	1.17	6.88	70.1	7,747.6
	9	100.0	24.4	17.3	6.12	1.11	6.55	61.2	8,796.4
	12	97.2	25.2	16.6	6.02	1.09	6.93	66.8	10,693.7
	15	100.0	23.0	15.1	4.95	1.04	5.92	62.0	9,850.5
	Mean	99.4	25.6	17.4	7.05	1.08	6.90	68.2	8,786.8
B	3	100.0	31.3	23.8	13.72	1.00	8.12	67.2	5,938.1
	6	100.0	27.1	19.5	8.11	1.06	7.57	67.6	6,601.5
	9	100.0	23.5	16.1	5.38	1.04	6.00	56.3	6,397.7
	12	97.2	23.1	15.8	4.86	1.03	5.68	55.5	7,010.7
	15	97.8	24.4	17.6	5.11	1.07	6.08	55.3	7,245.2
	Mean	99.0	25.9	18.5	7.44	1.04	6.69	60.4	6,638.6
Means	3	100.0	30.8	22.4	12.21	1.00	8.19	74.2	6,392.0
	6	100.0	26.1	18.3	7.77	1.11	7.22	68.8	7,174.6
	9	100.0	24.0	16.7	5.75	1.07	6.27	58.8	7,597.0
	12	97.2	24.1	16.2	5.44	1.06	6.31	61.1	8,852.2
	15	98.9	23.7	16.3	5.03	1.06	6.00	58.7	8,547.9
LSD 5%(1)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
LSD 5%(2)		NS	3.36	2.81	3.28	NS	1.39	8.8	1,345.3
LSD 5%(3)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

LSD 5%(1): Between medium means.

LSD 5%(2): Between density means.

LSD 5%(3): Solid medium×planting density interactions for the traits given in this Table were not significant at 5% probability level.

[†] 7g tuber size in this experiment was propagated through aeroponics system in 2001, fall cropping.

[‡] A: Perlite+peatmoss(1:2, v/v) medium, B: Jeju scoria+peatmoss(1:2, v/v) medium.

[§] Number of tubers per polystyrene box(W:D:L=31×20×51cm), that is, 19, 37, 56, 75 and 93 tubers/m².

出現率은 97.2~100%의 범위를 보여 높은 편이었으며 密植할수록 약간 감소하였으나 유의한 차이는 없었다. 葉長과 葉幅은 栽植密度가 증가함에 따라 그 길이와 폭은 감소하는 경향을 보였고, 葉重도 비슷한 경향이었으며, 폴리스티렌 상자당 9주까지는

큰 폭으로 감소하고 그 이후의 栽植密度에서는 감소폭이 완만하였다. 그리고 이들 세
 령지의 사각다 0.19 미 15즈이 栽植密度 크기 사이에서는 그 차이가 미미하였다

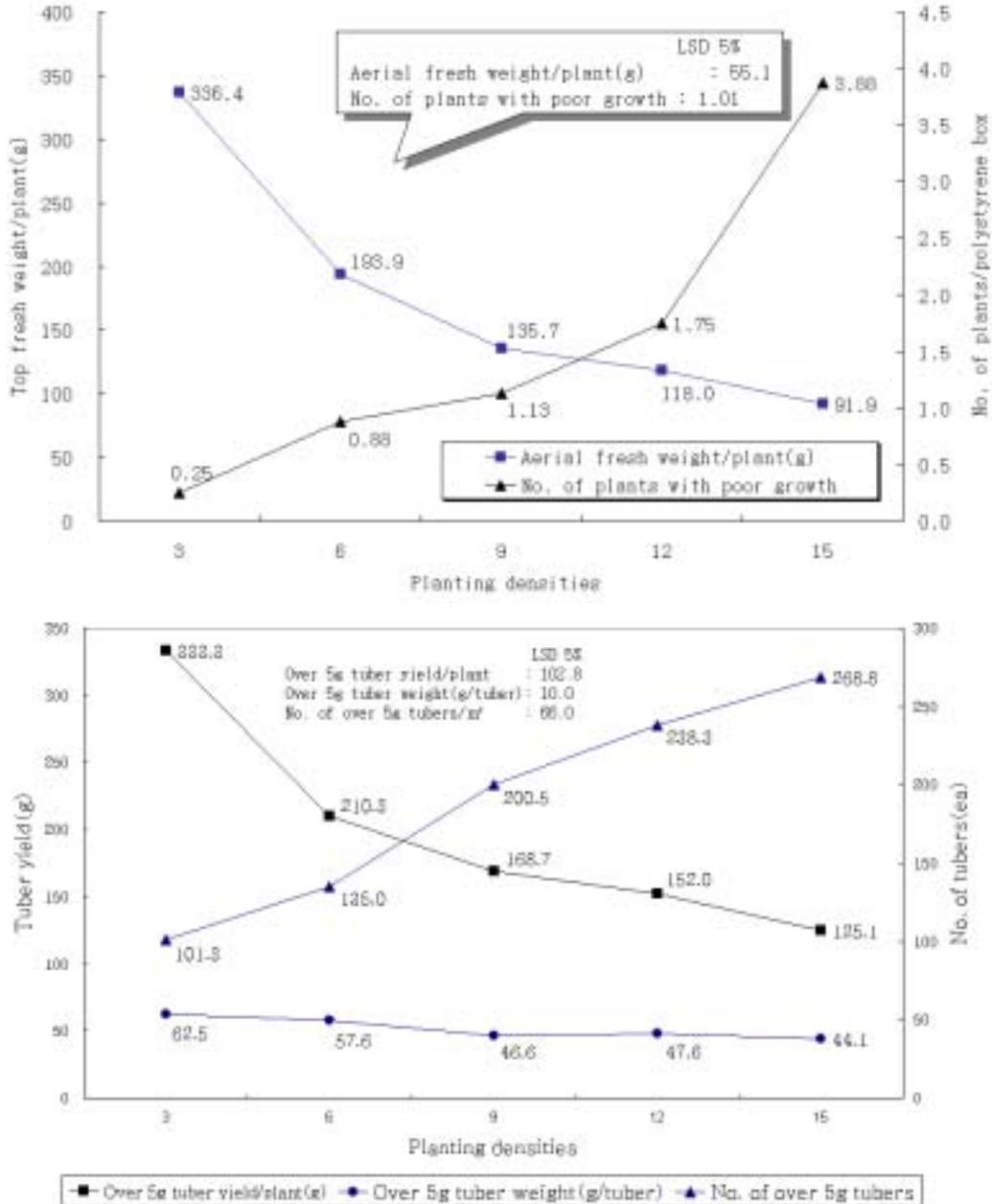


Fig. 4. Effect of planting densities on aerial fresh weight per potato plant and number of plants with poor growth per polystyrene box in the wick hydroponic system at 70 days after planting. No. of plants with poor growth; Number of plants per polystyrene box which had growth conditions that stem length and diameter is less than 15cm and 3mm, respectively.

地上部生体重/m²은 密植할수록 무거워져 12주 播種區에서 가장 높은 8.9kg으로 높았고 15주 播種에서는 8.5kg으로 다소 감소하였다. 株當 地上部生体重은 培地種類 間 처리의 차이가 없었으며, 栽植密度가 증가함에 따라 336g에서 92g으로 감소하는 경향을 보였는데(Fig. 4), 이는 疏植했을 경우가 葉重, 莖長, 莖徑에서 密植했을 때 보다 광과 양수분의 경합이 적어 충실한 생육을 할 수 있었기 때문이라고 생각되었다. 그러나 시험구내에 播種한 식물이 出現은 됐지만 莖長과 莖徑이 각각 15cm와 3mm 이내로 생육상태가 불량했던 個体數를 조사한 결과, 栽植密度가 상자당 3주인 시험구는 0.25개로 매우 낮았으나 15주인 시험구는 3.9개정도 나타나 栽植密度를 폴리스티렌상자 당 3주에서 15주까지 증가시킬수록 생육불량개체수가 많아지는 결과를 보였는데, 이는 播種할 때에 疏植재배한 시험구는 出現이 일정치 않았을 경우라도 다른 식물체에 의한 광부족 현상이 적어 정상적인 생육을 유지할 수 있었는데 반해, 密植처리구에서는 상대방 식물에 의한 광차단 효과로 인한 결과였다고 생각된다.

나. 수량형질

培地種類와 栽植密度에 따른 收量形質의 변화를 播種 92일후에 조사한 결과, 수량 관련형질은 生育形質과 마찬가지로 培地種類와 栽植密度 間의 상호작용에는 유의한 차이가 없었다.

株當塊莖數는 培地種類 間에 처리의 차이가 없었으며, 栽植密度가 증가할수록 6.6개에서 3.4개로 감소하였고, 株當 5g以上 塊莖數는 필라이트 혼용배지가 4.1개로 제주송이(Jeju scoria) 혼용배지보다 개체당 0.7개가 더 많았으며, 栽植密度가 증가함에 따라 塊莖數가 감소하는 경향을 보였고, 株當塊莖數는 培地種類 間에 차이가 없었으나 株當 5g以上 塊莖數는 필라이트 혼용배지가 4.1개로 제주송이의 3.4개 보다 많았다.

塊莖平均重은 37~57g범위에 있었으며, 씨감자로서 사용이 가능한 5g이상인 괴경의 평균중은 44~63g범위로 密植區와 疏植區 間에 약 20g정도의 차이를 보였다. 두 형질 모두 栽植密度가 증가할수록 괴경중은 대체로 감소하는 결과를 보였는데, 씨감자 생산시 적당한 크기, 즉 30~50g 정도의 씨감자를 생산하는 것이 중요하므로 密植이 1개의 괴경무게를 감소시키기는 하지만 단위면적당 塊莖數는 증가하므로 수분흡수 障礙, 光競合, 徒長 등에 의한 피해가 없는 범위 내에서는 密植하여 재배하는 것이 씨감자 증식효율 면에서 양호할 것이라고 생각된다.

Table 10. Effect of two mediums and several planting densities treated in wick hydroponics on agronomic yield characters of 'Dejima' seed potato produced by aeroponics at 92 days after planting.

Solid mediums [†]	Planting densities [‡]	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Tuber yield /plant(g)	No. of tubers /m ²	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers /plant	Over 5g tuber yield/m ² (g)	Rate of over 5g tuber yield [§] (%)
A	3	6.2	54.0	336.1	118.2	6,385.3	5.2	6,330.9	99.1
	6	4.7	46.9	219.8	173.5	8,133.9	3.7	8,051.3	99.0
	9	4.8	42.7	205.7	269.8	11,517.3	4.1	11,400.6	99.0
	12	5.0	39.2	196.3	375.5	14,719.6	4.0	14,530.5	98.7
	15	3.8	36.2	138.6	356.2	12,886.9	3.5	12,796.8	99.3
	Mean	4.9	44.6	219.3	258.6	10,728.6	4.1	10,622.0	99.0
B	3	7.0	48.1	336.4	133.0	6,391.6	5.4	6,334.3	99.1
	6	4.2	49.2	204.9	154.2	7,579.9	3.6	7,511.1	99.1
	9	3.9	35.0	136.1	217.8	7,622.1	3.1	7,498.3	98.4
	12	2.8	40.4	111.1	206.3	8,335.3	2.4	8,262.9	99.1
	15	3.0	38.2	113.9	277.6	10,594.3	2.3	10,470.0	98.8
	Mean	4.2	43.4	180.5	197.8	8,104.6	3.4	8,015.3	98.9
Means	3	6.6	51.0	336.2	125.6	6,388.5	5.3	6,332.6	99.1
	6	4.4	48.0	212.4	163.8	7,856.9	3.6	7,781.2	99.0
	9	4.4	38.8	170.9	243.8	9,569.7	3.6	9,449.4	98.7
	12	3.9	39.8	153.7	290.9	11,527.5	3.2	11,396.7	98.9
	15	3.4	37.2	126.2	316.9	11,740.6	2.9	11,633.4	99.1
LSD 5%(1)		NS	NS	12.0	23.5	1,593.5	0.5	1,471.6	NS
LSD 5%(2)		1.6	14.6	104.0	70.4	2,674.5	1.4	2,187.4	NS
LSD 5%(3)		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

LSD 5%(1): Between medium means.

LSD 5%(2): Between density means.

LSD 5%(3): least significant difference value of solid medium×planting density interaction : Effect of Solid medium×planting density interactions for the traits given in this Table were not significant at 5% probability level.

[†] A: Perlite+peatmoss(1:2, v/v) medium, B: Jeju scoria+peatmoss(1:2, v/v) medium.

[‡] Planting density per polystyrene box(W:D:L=31×20×51cm).

[§]Ratio of over 5g tuber yield for total tuber yield.

株當塊莖收量은 펠라이트 혼용배지가 219g으로 제주송이(scoria) 혼용배지보다 39g 정도 많았으며, 3주 처리구에서 336g이던 것이 15주 처리구에서는 126g으로 栽植密度가 증가함에 따라 株當塊莖收量이 감소하였다.

總塊莖數/m²는 펠라이트 혼용배지가 제주송이 혼용배지에 비해 m²당 60.8개가 더 많았고, 密植할수록 127개에서 317개로 증가하였다. 總塊莖收量/m²과 5g以上 塊莖收量/m²은 疏植할 때보다 密植할 경우가 수량이 증가하여 폴리스티렌상자 당 15주 재식하였을 때 1m²당 각각 11.7, 11.6kg의 수량을 보였고, 펠라이트혼용배지가 제주송이혼용배지에 비해 각각 2.6kg정도씩 많았다.

5g以上 塊莖數도 密植할수록 101개에서 269개로 증가하는 경향이였으며, 펠라이트 혼용배지가 제주송이(scoria) 혼용배지보다 57개 정도가 많은 217개였다(Fig. 5와 6).

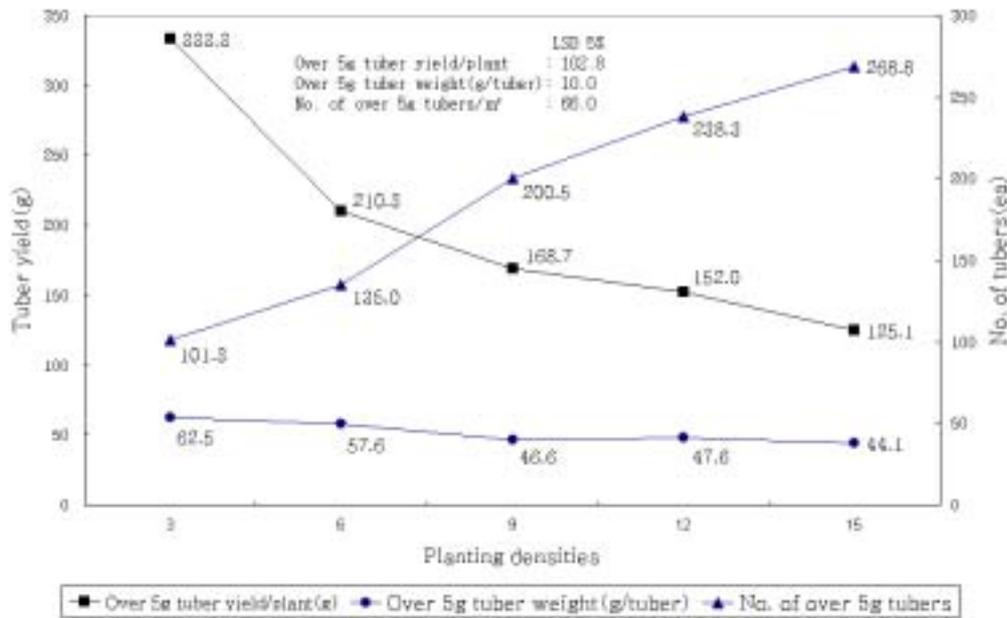


Fig. 5. Effect of planting density on the yield traits of potatoes harvested at 90 days after planting.

株當 5g以上 塊莖收量도 株當塊莖收量과 비슷한 경향을 보여 폴리스티렌상자당 3주 播種區에서 333.3g이던 塊莖收量이 15주 播種區에서는 125.1g으로 감소하였고, 펄라이트혼용배지가 제주송이혼용배지에 비해 株當 38.5g이 더 무거웠다. 그리고 5g以上 塊莖平均重은 44.1~62.5g 범위에 있었으며, 密植할수록 괴경무게도 감소하는 경향을 보였고, 培地種類 間에는 처리의 차이가 없었다.

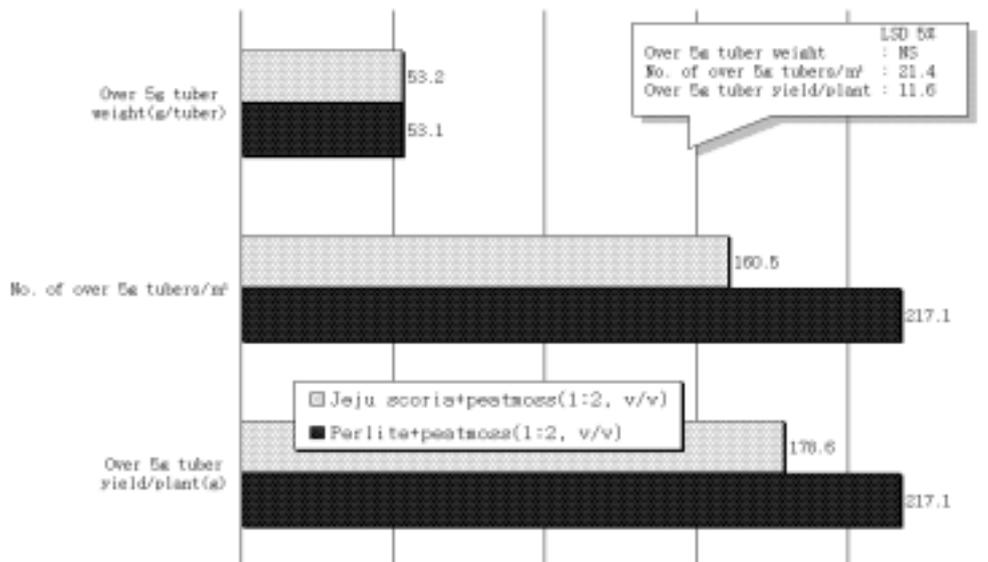


Fig. 6. Effect of two mediums treated in wick hydroponic system on some yield traits of tuber harvested at 92 days after planting.

5g이상 괴경비율은 모든 처리에서 98%이상을 보였으나 처리간 유의성은 없었으며, Fig. 7은 播種 후 92일 경에 수확한 폴리스티렌 상자당 塊莖收量を 나타낸 그림이다.

培地種類와 栽植密度에 따른 심지재배산 괴경의 등급별 수량분포(Table 11)는 수확된 괴경의 모든 등급에서 培地種類, 栽植密度 間에 처리의 차이가 없었다. 대체적으로 密植할수록 각 등급의 수량도 증가하고, 등급수량도 4g이하 < 5~10g < 11~30g < 31~

80g<81g이상 등급수량 순으로 증가하였고, 疏植처리인 폴리스티렌 상자당 3주 처리에서는 등급수량의 증가폭이 컸으나 密植처리인 9주 처리구에서는 31~80g 등급수량까지는 수량증가가 컸으나 그 이후의 81g 등급수량은 완만한 수량증가를 보였다.



Fig. 7. Different of tuber yield per polystyrene box by two mediums with planting densities(3, 6, 9, 12 and 15 plants/polystyrene box).

Table 11. Yield distribution by class of potato tubers produced using the wick hydroponic system as affected by two mediums and planting densities.

Mediums	Planting densities	Tuber yield (g/m ²)					Total
		Under 4g	5~10g	11~30g	31~80g	Over 81g	
A	3	54.4	68.5	537.6	1,304.3	4,420.4	6,385.3
	6	82.6	104.7	750.6	3,389.6	3,806.5	8,134.0
	9	116.8	293.6	1,450.2	3,765.7	5,891.1	11,517.4
	12	189.1	277.2	1,906.1	4,969.1	7,378.0	14,719.6
	15	90.1	159.8	2,520.4	5,126.6	4,990.0	12,886.9
	Mean	106.6	180.8	1,433.0	3,711.1	5,297.2	10,728.6
B	3	57.4	107.8	451.5	1,672.6	4,102.4	6,391.6
	6	68.7	128.0	631.2	2,329.9	4,422.0	7,579.9
	9	123.8	263.8	972.7	2,867.4	3,394.5	7,622.1
	12	72.4	671.9	1,117.3	3,252.9	3,220.7	8,335.3
	15	124.3	260.9	1,625.5	2,873.4	5,710.3	10,594.3
	Mean	89.3	286.5	959.6	2,599.2	4,170.0	8,104.6
Means	3	55.9	88.2	494.5	1,488.5	4,261.4	6,388.5
	6	75.7	116.3	690.9	2,859.7	4,114.3	7,856.9
	9	120.3	278.7	1,211.4	3,316.5	4,642.8	9,569.7
	12	130.8	474.6	1,511.7	4,111.0	5,299.4	11,527.5
	15	107.2	210.4	2,072.9	4,000.0	5,350.1	11,740.6
LSD 5%(1)		NS	NS	NS	NS	NS	1,593.5
LSD 5%(2)		NS	NS	NS	NS	NS	2,674.5
LSD 5%(3)		NS	NS	NS	NS	NS	NS

LSD 5%(1): Between medium means.

LSD 5%(2): Between density means.

LSD 5%(3): least significant difference value of solid mediums×planting densities interaction.

다. 형질간의 상관과 회귀

培地種類와 栽植密度에 따른 生育形質과 收量形質 間의 상관과 유의한 회귀식을 Table 12와 13에 나타내었는데, 相關關係는 葉長과 葉幅 그리고 葉重 間에는 매우 높은 正의 相關關係가 인정되었고, 株當 地上部生体重도 莖徑(0.763), 莖長(0.620)과 유의한 正의 相關關係가 높게 나타났다. 그러나 相關程度는 낮았으나 株當 地上部生体重과 5g以上 塊莖平均重 間에는 負의 相關(-0.346)을 보였으며, 地上部生体重/m²은 葉幅 (-0.357)과 負의 相關을 보였고, 收量形質에서도 5g以上 塊莖平均重과 負의 相關 (-0.356)이 인정되었을 뿐, 다른 生育形質과 收量形質 間에는 유의한 相關關係가 없었

다.

生育形質인 葉長, 葉幅, 葉重은 收量形質인 株當塊莖數, 塊莖平均重, 株當塊莖收量, 株當5g以上 塊莖數, 5g以上 塊莖平均重 그리고 株當 5g以上 塊莖收量 間에는 相關程度는 낮은편이나 유의한 正의 相關이 인정되었다.

그리고 葉長, 葉重은 株當塊莖數, 株當塊莖收量, 株當 5g以上 塊莖數 그리고 株當 5g以上 塊莖收量 間에는 正의 相關이 있었으나, 總塊莖數/m², 塊莖收量/m², 5g以上 塊莖數/m² 그리고 5g以上 塊莖收量/m² 間에는 負의 相關關係를 보였고, 5g以上 塊莖數/m² 와 葉幅(-0.362) 間에도 負의 相關關係가 인정되었으나 相關程度는 매우 낮았다.

株當塊莖數는 株當塊莖收量(0.910), 株當 5g以上 塊莖數(0.905), 5g以上 塊莖平均重(0.360), 株當 5g以上 塊莖收量(0.907) 間에는 유의한 正의 相關이 있었고, 塊莖平均重은 株當塊莖收量(0.374), 株當 5g以上 塊莖收量(0.384), 5g以上 塊莖平均重(0.828) 間에는 正의 相關關係가 있었으나, 塊莖數/m²(-0.503), 塊莖收量/m²(-0.368), 5g以上 塊莖數/m²(-0.487), 5g以上 塊莖收量/m²(-0.321)과는 負의 相關을 보였다. 株當塊莖收量은 株當 5g以上 塊莖數(0.899)와 株當 5g以上 塊莖收量(0.987)과 매우 높은 正의 相關關係가 인정되었고, 塊莖數/m²는 塊莖收量/m²(0.929), 5g以上 塊莖數/m²(0.899), 5g以上 塊莖收量/m²(0.938) 間에는 높은 正의 相關이 있었으나 株當 5g以上 塊莖平均重(-0.544)과는 負의 相關이 있었다.

塊莖收量/m²은 5g以上 塊莖數/m²(0.879)와 5g以上 塊莖收量/m²(0.968) 間에는 높은 正의 相關關係를 보였고, 5g以上 塊莖平均重(-0.408)과는 負의 相關關係가 있었다. 그리고 株當 5g以上 塊莖數는 株當 5g以上 塊莖收量(0.897)과 正의 相關이 있었고, 5g以上 塊莖平均重은 5g以上 塊莖數/m²(-0.574)와 5g以上 塊莖收量/m²(-0.376) 間에는 負의 相關을 보였다.

Table 12. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the system treated several mediums and planting densities in the wick hydroponics.

	Leaf width(cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)	Stem length(cm)	Aerial fresh weight /plant(g)	Aerial fresh weight/m ² (g)	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)
Leaf length (cm)	0.920**	0.916**	-0.017	0.251	0.119	0.138	-0.252	0.579**	0.308*
Leaf width (cm)		0.916**	0.019	0.257	0.142	0.137	-0.357*	0.612**	0.318*
Leaf weight (g/leaf)			0.105	0.288	0.180	0.094	-0.266	0.563**	0.372**
No. of stems/plant				0.188	0.110	-0.090	0.192	0.023	-0.092
Stem diameter (mm)					0.714**	0.763**	0.250	0.216	0.232
Stem length (cm)						0.620**	0.206	0.202	0.129
Aerial fresh weight/plant(g)							-0.028	0.284	0.252
Aerial fresh weight/m ² (g)								-0.211	-0.207
No. of tubers/plant									0.189
	Tuber yield/plant (g)	No. of tubers/m ²	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers /plant	Over 5g tuber weight (g/tuber)	Over 5g tuber yield /plant(g)	No. of over 5g tubers/m ²	Over 5g total tuber yield/m ²	
Leaf length (cm)	0.561**	-0.368**	-0.348*	0.567**	0.413**	0.558**	-0.395**	-0.324*	
Leaf width (cm)	0.577**	-0.284	-0.305	0.549**	0.369**	0.576**	-0.362**	-0.278	
Leaf weight (g/leaf)	0.532**	-0.352*	-0.369**	0.557**	0.449**	0.531**	-0.375**	-0.325*	
No. of stems /plant	-0.075	0.044	-0.024	0.189	-0.189	-0.752	0.229	-0.033	
Stem diameter (mm)	0.120	0.111	0.046	0.132	0.208	0.123	0.050	0.098	
Stem length (cm)	0.132	0.450**	0.436**	0.145	-0.003	0.133	0.366**	0.474**	
Aerial fresh weight /plant(g)	0.303	0.012	0.037	0.167	0.346*	0.305	-0.094	0.034	
Aerial fresh weight/m ² (g)	-0.263	0.226	0.113	-0.145	-0.356*	-0.262	0.263	0.159	
No. of tubers /plant	0.910**	0.030	0.098	0.905**	0.360*	0.907**	-0.094	0.032	
Average tuber weight (g/tuber)	0.374**	-0.503**	-0.368**	0.173	0.828**	0.384**	-0.487**	-0.321*	
Tuber yield /plant(g)		-0.153	0.005	0.899**	0.492**	0.987**	-0.219	-0.064	
No. of tubers /m ²			0.929**	-0.044	-0.544**	-0.157	0.899**	0.938**	
Total tuber yield/m ² (g)				0.089	-0.408**	0.003	0.879**	0.968**	
No. of over 5g tubers/plant					0.312*	0.897**	0.006	0.014	
Over 5g tuber weight(g/tuber)						0.497**	-0.574**	-0.376**	
Over 5g tuber yield/plant(g)							-0.220	-0.066	
No. of over 5g tubers/m ²								0.877**	

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

栽植密度 변화에 따른 생육과 收量形質들에 대한 경향비교 결과, 塊莖收量과 관련된 형질들은 경향비교결과 2차회귀에서는 유의성이 없었고, 1차회귀에서 유의성이 인정되어 栽植密度가 증가함에 따라 收量形質도 직선적으로 증가하거나 감소함을 알 수 있었다. 즉, 株當 塊莖數, 塊莖平均重, 株當塊莖重, 株當 5g以上 塊莖數, 5g以上 塊莖平均重, 株當 5g以上 塊莖收量은 密植할수록 직선적으로 감소하고 塊莖數/m²와 塊莖收量/m²은 密植할수록 직선적으로 수량이 증가하였다.

Table 13. Significant regression equations with coefficients of determination relating planting densities and the agronomic traits

Variables	Regression equations	r ² or R ²
Leaf length(cm)	$Y^{**} = -0.8 + 2.804762X - 0.087302X^2$	0.9755
Leaf width(cm)	$Y^{**} = -0.4 + 2.228571X - 0.079365X^2$	0.9692
Leaf weight(g/leaf)	$Y^* = 16.8 - 1.852381X + 0.071429X^2$	0.9967
Stem diameter(mm)	$Y^{**} = 8.1 - 0.166667X$	0.7813
Stem length(cm)	$Y^{**} = 75.8 - 1.266667X$	0.7882
Aerial fresh weight/plant(g)	$Y^{**} = 480.4 - 57.657143X + 2.158730X^2$	0.9777
Aerial fresh weight/m ²	$Y^* = 5916.1 + 199.633333X$	0.8873
No. of tubers/plant	$Y^{**} = 6.8 - 0.266667X$	0.6957
Average tuber weight(g/tuber)	$Y^{**} = 58.6 - 1.6X$	0.8384
Tuber yield/plant(g)	$Y^{**} = 341.9 - 16.033333X$	0.8295
No. of tubers/m ²	$Y^{**} = 75.7 + 16.966667X$	0.9723
Total tuber yield/m ² (g)	$Y^{**} = 5103.8 + 479.2X$	0.9619
No. of over 5g tubers/plant	$Y^{**} = 5.3 - 0.1667X$	0.8929
Over 5g tuber weight(g/tuber)	$Y^{**} = 69.6 - 1.86667X$	0.8644
Over 5g tuber yield/plant(g)	$Y^{**} = 338.7 - 15.9X$	0.8283
No. of over 5g tubers/m ²	$Y^{**} = 57.1 + 14.633333X$	0.9830
Over 5g total tuber yield/m ²	$Y^{**} = 5053.8 + 473.86667X$	0.9637

Independent variable is planting densities; 3, 6, 9, 12, 15/polystyrene box.

4. 고찰

펠라이트와 피트모스, 제주송이(scoria)와 피트모스를 각각 1:2(v/v)로 혼합한 두 종류의 혼합배지와 폴리스티렌상자당 3, 6, 9, 12, 15주의 栽植密度 처리를 분할구배치법

으로 시험한 결과, 培地種類와 栽植密度 간에는 모든 형질에서 상호작용이 인정되지 않았고, 培地種類간 生育形質도 유의한 차이가 없었다. 그러나 收量形質에 대한 培地種類 처리와 栽植密度 처리의 차이가 인정되었는데, 제주송이(scoria) 혼합배지 보다는 펄라이트 혼합배지가 수량성이 높게 나타났다.

김과 정(1994)은 일반종서는 株當莖數가 3.0개인 반면 器內小塊莖은 1.2~1.4개로 기내소괴경의 경우 薯齡에 따른 株當莖數의 차이가 없는 것으로 나타났으며, 일반적으로 서령이 증가함에 따라 株當莖數가 많아지는 일반종서(Wiersema, 1985)와 비교할 때 큰 차이점이라고 하였는데, 본 연구에서도 분무경산 7g크기의 종서를 이용하여 심지재배를 수행한 시험 결과를 보면 株當莖數가 1.0~2.0개로 적은 편이었다.

그러나 Headford(1962)에 의하면 浴光催芽는 종서의 활력이 약할 때, 종서의 절편부패 및 흑지병 침입의 위험이 있을 때 실시하면 효과적이일 수 있다고 하였고, 川上(1948)은 휴면후의 경과기간에 의해서 차이가 있고 경과기간이 짧은 경우에는 頂芽優勢가 강하게 나타난 결과, 큰 1개의 눈이 신장하고 기간이 긴 경우 정아우세 경향이 약하고 결국은 다수의 가는 눈이 발생한다고 하였다.

莖長은 栽植密度가 폴리스티렌 상자당 3~6주는 68.8~74.2cm의 범위에 있었으며, 이보다 密植한 처리구는 58.8~61.1cm 범위를 보여, 疏植했을 때 보다 密植區가 莖長이 오히려 낮게 나타났다. 이는 제한된 근권환경 즉, 심지수 6개로 흡수되는 양수분의 양이 부족하여 密植한 식물체의 생육에 Stress로 작용하여 莖長이 密植區에서 낮게 나타난 것으로 생각되었으며, 김 등(1992)은 조·만생품종간 栽植密度 시험에서, 晩生種의 초장이 早生種보다 컸으며 만생종에서는 재식거리를 좁힐수록 초장이 짧아지는 경향이라고 보고하여, 본 연구에서 공시된 품종도 중·만생종인 품종으로서 그의 보고와 유사한 경향을 보였다.

播種한 식물이 出現은 됐지만 莖長과 莖徑이 각각 15cm와 3mm이내로 생육상태가 불량했던 個體數를 조사한 결과, 9~12주재식은 시험구당 생육불량개체수가 1.13~1.75개로 비교적 적었으나 15주 재식은 무려 3.88개로 크게 증가하여 양수분과 光競合이 심하게 이루어지는 것으로 생각되었다.

收量形質 중에서는 5g이상 괴경비율을 제외하고는 栽植密度 처리 간에 유의한 차이가 인정되었는데, 密植할수록 株當塊莖數, 塊莖平均重, 株當塊莖收量, 5g以上 塊莖數/

株, 5g以上 塊莖平均重, 5g以上 塊莖收量/株 등은 감소하는 경향이었으나, 중서생산시 중요한 형질인 塊莖數/m², 5g以上 塊莖數/m², 塊莖收量/m², 5g以上 塊莖收量/m² 등에서는 密植할수록 증가하는 경향이었으며, 김 등(1992)도 만생품종은 密植할수록 단위면적당 塊莖數가 증가한다고 하였고, 栗原 등(1962)은 감자를 어느 정도 密植하여야 最適葉面積에 도달하는 시기가 빨라지고, 또한 최적엽면적의 유지기간도 길어져서 건물생산에 유리하며, 생장이 일찍이 정지되어 건물의 지하분배율이 높아질 뿐만 아니라 동화물질의 전류체제도 일찍 형성되기 때문에 괴경의 비대에 유리하고, 일반적으로 생육기간이 길어 莖葉의 繁茂도가 큰 산간지대보다 생육기간이 짧아 경엽의 번무도가 낮은 평야지대에서 栽植密度를 높여야 하고, 경엽이 큰 품종인 만생종보다 경엽이 작은 품종인 조생종은 다소 密植하는 것이 유리하다고 하였다. 또한 水分과 肥料分이 넉넉하여 항상 높은 광합성율을 유지할 수 있을 때에도 密植하는 것이 더욱 증수된다고 하였다.

따라서 9주, 12주 그리고 15주 栽植密度처리는 생육과 收量形質에 있어 비슷한 결과를 보였고, 생육불량개체수가 폴리스티렌 상자당 1.75개로 완만한 增加勢를보이다가 15주 재식에서는 급격한 증가를 보였기 때문에 심지양액재배시 적정한 栽植密度는 식물의 생육과 수량성 그리고 씨감자의 生産效率面에서 폴리스티렌상자 당 9주(56주/m²)를 播種하는 것이 적당할 것으로 판단되었다.

5. 요약

葉重을 제외한 播種 70일 후의 모든 生育形質들에 대해서 제주송이(scoria)+피트모스 혼용배지(1:2, v/v)보다 펄라이트+피트모스 혼용배지(1:2, v/v)가 양호하였으나 유의성은 없었고, 培地種類와 栽植密度 間 상호작용에 대한 유의성도 없었다.

株當生体重은 培地種類 間 처리의 차이가 없었으며, 栽植密度가 증가함에 따라 336g에서 92g으로 감소하는 경향을 보였다.

생육불량개체수를 조사한 결과, 栽植密度가 3주인 시험구는 0.25개도 되지 않았지만 15주인 시험구는 3.88개 정도로 密植할수록 생육불량개체수도 증가하였다.

塊莖平均重은 37~57g범위에 있었으며, 씨감자로서 사용이 가능한 5g이상인 괴경의 평균중은 44~63g범위로 密植區와 疏植區 間에 약 20g정도의 차이를 보였다

總塊莖數/m²는 펠라이트 혼용배지가 제주송이 혼용배지에 비해 m²당 60.8개가 더 많았고, 栽植密度 間에는 密植할수록 總塊莖數가 증가하였다. 5g以上 塊莖數도 密植할수록 증가하는 경향이었으며, 펠라이트 혼용배지가 제주송이(scoria)혼용배지에 비해 塊莖數가 많았다.

總塊莖收量/m²과 5g以上 塊莖收量/m²은 疏植할 때보다 密植할 경우가 수량이 증가하여 폴리스티렌상자 당 15주 재식하였을 때 1m²당 각각 11.7, 11.6kg의 수량을 보였고, 배지는 펠라이트 혼용배지가 각각 2.6kg정도씩 더 많았다. 따라서, 심지양액재배에 적합한 배지는 펠라이트와 피트모스를 1:2(v/v)의 비율로 혼합하여 사용하고 심지는 폴리스티렌 상자(W×L×D=31×51×20cm)당 9주(56주/m²)를 播種하는 것이 생육과 수량 면에서 유리하였다.

제5절 분무경산종서의 크기별 심지양액재배 수량성 및 품질 비교

1. 서론

종서갱신에 의해서 增收效果가 큰 작물로 벼, 보리, 콩은 10% 내외의 증수효과가 있으나 감자는 50%의 증수효과를 보여 종서갱신 효율이 높은 作物이다. 그러나 감자는 영양번식 작물로 타작물에 비해 단위면적당 播種 종서량이 많고 증식배율이 10배에 지나지 않아 벼에서 110배, 보리에서 30배, 옥수수에서 67배에 비해 낮다(이, 1994). 따라서 감자 재배농가의 安定生産과 收量增大를 위해서는 無病이며 生理的 活性이 높은 씨감자의 계속적인 普及이 필수적이며, 감자재배의 生産性에 결정적인 影響을 미친다고 할 수 있다.

현재 정부에서의 씨감자공급은 1기작용 감자(수미)인 경우 普及種 9,160톤, 2기작용(대지품종)은 보급종 460톤정도를 생산하여 매년 10,000톤 내외정도를 공급해오고 있다. 그러나 우리나라의 감자재배 면적을 25,000ha로 기준할 때 씨감자 소요량은 5만톤 이상이 필요하며, 제주도인 경우 7,000ha의 면적에 14,000톤 이상을 필요로 한다.

이처럼 매년 상당량의 종서가 필요하지만, 우리나라의 연간 씨감자 갱신율은 20%내외(2002년 기준 24.4%)로 基本種 및 上位段階의 우량종서 공급량이 부족하고, 농가에서는 우량 씨감자 확보의 어려움으로 인해 1차 구입종서를 이용하여 2~4작까지 재배하고 있어 수량감소의 주원인이 되고 있으며, 양질의 씨감자를 선택하는 것은 감자재배의 성패를 좌우하는 결정적인 요인으로 작용하고 있다.

분무경 양액재배방식은 뿌리가 공기중에 노출되어 緩衝能이 거의 없기 때문에 근권부의 기상조건에 민감한 반응을 보이고, 주기적인 噴霧로 인한 물리적인 자극이 심하여 이에 대한 대상작물의 극복여하에 따라 생육의 차이로 나타나며(강과 김, 1995), 품종에 따라 노지와는 다른 환경으로 인해 괴경형성이 잘 안되는 경우도 있는데 이러한 괴경형성 처리의 기술적인 문제와 재배특성상 오염의 위험이나 재배기간 중 정전에 대비할 수 있는 시설을 필요로 하며, 피목비대로 생기는 저장력 감소 등 괴경의 품질저하와 이로 인한 포장적응력 저하 등(김, 1998; 양 등, 2002)의 문제로 인해 시설

면적 확대에 어려움을 겪고 있다.

따라서 순환식 심지양액재배를 통한 채종단계의 단축가능성과 양액재배산 소피경, 플러그묘 등 환경적응력이 약한 씨감자의 안정적인 증식을 위한 방법으로서의 심지재배시스템 적용가능성을 검토하기 위하여 분무경산종서를 이용하여 심지재배시 종서크기가 수량성 및 품질에 미치는 영향에 관한 시험을 수행하였다.

2. 재료 및 방법

심지양액재배시 적절한 분무경산 종서크기를 구명하기 위하여 2002년 봄작기에 분무경산 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 40g 무게의 종서를 상온에서 浴光催芽 후 같은 해 9월 11일에 심지재배시스템에 播種하였다. 栽植密度는 폴리스티렌상자당 9주를 播種하였고, 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 배지를 20ℓ씩 충진하였으며, 8개의 심지를 솟아 상자의 밑면에 놓혀 양액을 흡수하게 하였다. 시험구는 난괴법 4반복으로 배치하였고, 播種후 70일에 생육관련형질을 조사하였으며, 12월 12일에 수확하여 수량관련형질을 조사하였다.

3. 결과

가. 생육형질

심지양액재배에 있어서 분무경산 종서크기가 播種 70일 후의 生育形質에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 14와 Fig. 8에서 보는 바와 같다.

播種 70일 후의 生育形質들은 종서크기가 증가할수록 모두 증가하는 경향을 나타내었으며, 出現率은 모든 처리에서 100%를 보였는데, 피경무게가 3g 이하인 처리구도 100%의 出現率을 보인 것은 분무경산 종서를 4℃의 저온저장고에 저장 후 휴면기간을 충분히 경과시켜 최아한 씨감자를 심지양액재배에 이용한 결과라 생각된다.

葉長과 葉幅은 각각 28.1~32.1cm와 20.4~25.4cm의 범위에 있었고, 분무경산 씨감자의 크기가 클수록 대체로 길어지는 결과를 보였으며, 葉重도 종서의 크기가 증가할수록 6.5g에서 10.6g으로 무거워지는 경향이였다.

Table 14. Effect of several tuber sizes treated in wick hydroponics on growth characters at 70 days after planting of 'Dejima' seed potato produced by aeroponics[†].

Tuber size [‡]	Emergence rate(%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)
1g	100	28.1	20.4	6.46	5.28	41.8
3g	100	29.7	22.0	7.88	5.60	46.4
5g	100	28.3	21.8	8.17	6.13	44.2
7g	100	30.0	22.6	8.90	6.32	51.8
10g	100	30.9	22.9	8.93	6.02	54.0
15g	100	31.8	23.9	10.59	6.25	56.5
20g	100	30.8	24.4	10.42	6.46	56.5
40g	100	32.1	25.4	10.61	6.64	69.9
LSD 5%	-	2.6	2.6	2.47	0.40	7.3

[†] Seed tubers used in this experiment were propagated through aeroponics in 2002, spring cropping.

[‡] Tuber weight(g/tuber) of seed potato produced using the aeroponic system.

莖徑과 莖長도 종서크기가 클수록 증가하는 경향이였으며, 각각 5.28~6.64mm, 41.8~69.9cm의 범위를 보였다.

莖數도 종서크기가 클수록 증가하였고 株當 1.08~2.53개의 범위를 보였으며 20g 종서크기에서 2.53개로 가장 많았고 종서크기가 10~20g 사이의 종서는 株當 2개 정도의 莖數를 보였다. 그리고 株當 地上部生体重은 껍경의 크기가 1g에서 20g까지는 1株當 46.2g에서 100.0g으로 완만한 증가를 보이다가 40g의 종서크기에서는 139.1g으로 급격한 무게증가를 보였다(Fig. 8).

나. 수량형질

심지 양액재배시 분무경산 종서의 크기가 播種 91일 후의 收量形質에 미치는 영향을 조사하였는데, 株當塊莖數는 3개 내외로 껍경크기 간에 유의한 차이가 없었으나, 씨감자로 이용할 수 있는 크기인 5g 이상 塊莖數는 껍경크기가 무거울수록 증가하였으며 1.9~3.1개 범위를 보였는데, 모든 처리에서 5g이상의 껍경을 1m²당 100개 이상이 생산되었으며, 특히 껍경크기가 7g이상이었을 경우 株當 5g以上 塊莖數가 2.5개 이상으로 나타나 5g이상의 껍경을 1m²당 140개 이상을 생산할 수 있었다.

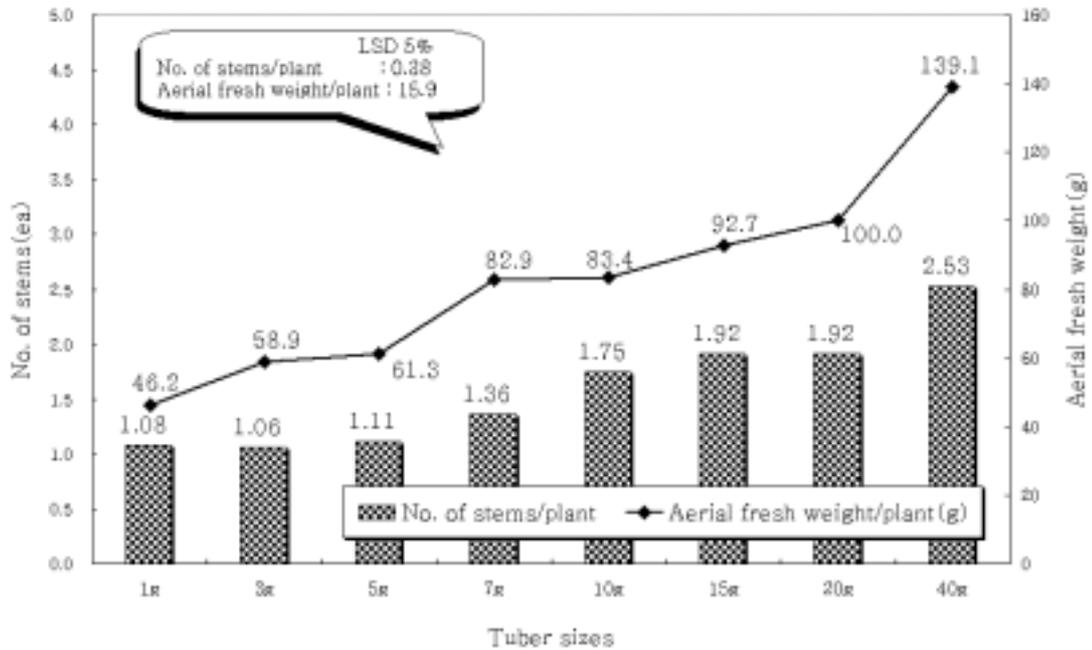


Fig. 8. Effect of several tuber sizes treated in wick hydroponics on the number of stems and aerial fresh weight per plant at 70 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponic system.

塊莖平均重은 괴경크기가 증가할수록 증가하여 40g의 종서크기일 때는 48.3g으로 가장 무거웠으며, 5g以上 塊莖平均重은 28.9~55.5g 범위로 괴경당 40g 정도의 평균무게를 보였다. 株當塊莖收量과 總塊莖收量/m²은 종서크기의 변화에 따라 같은 경향을 보였고, 종서크기 7g이상은 株當塊莖收量이 100g이상, 總塊莖收量 6kg이상을 수확할 수 있었다. 그러나 분무경산 5~10g종서크기 사이의 수량성은 그 차이가 미미하였다.

씨감자로 사용할 수 있는 株當 5g以上 塊莖收量은 總塊莖收量の 95~99%의 높은 수량성을 보였으며, 분무경산 5g이상 크기의 처리구는 5g이상 괴경비율이 98%이상으로 매우 높게 나타났다.

Table 15. Effect of several tuber sizes treated in wick hydroponics on yield characters at 91 days after planting of 'Dejima' seed potato produced by aeroponics[†].

Tuber size [‡]	No. of tubers/plant	Average tuber weight(g/tuber)	Tuber yield (g/plant)	Total tuber yield(g/m ²)	Over 5g tuber weight(g/tuber)	Over 5g tuber yield(g/plant)
1g	3.06	19.3	59.0	3,304.8	28.9	56.2
3g	2.97	25.1	74.5	4,172.6	32.6	72.5
5g	2.89	29.0	83.8	4,694.2	34.5	82.3
7g	2.86	38.4	109.7	6,145.2	43.5	108.8
10g	3.56	30.4	108.0	6,050.0	34.9	106.5
15g	3.19	37.9	121.2	6,786.6	45.0	119.9
20g	3.33	42.5	141.8	7,939.6	47.7	140.6
40g	3.50	48.3	169.1	9,471.6	55.5	167.9
LSD 5%	NS	7.4	29.11	1,629.9	8.3	28.88

[†] Seed tubers used in this experiment were propagated through aeroponic system in 2002, spring cropping.

[‡] Tuber weight(g/tuber) of seed potato produced using aeroponics.

위의 시험결과를 종합해보면, 분무경 양액재배산 씨감자 5g과 7g의 종서크기는 塊莖平均重, 株當塊莖收量, 總塊莖收量, 株當 5g以上 塊莖收量, 5g以上 塊莖收量 등에서 분무경산 10g정도의 종서크기와 큰 차이가 없어 심지 양액재배에 사용할 수 있는 적절한 크기는 5g이상크기면 수량성 등에 큰 지장이 없을 것으로 생각되었다.

그리고 분무경산 소서 즉, 5g미만의 분무경산 씨감자는 總塊莖數의 20~30%정도(제주도 농업기술원, 1998)로서 이에 대한 재활용의 방안으로 소서를 펄라이트 등의 배지에 播種하여 분무경 양액재배를 위한 경삽묘 생산에 이용하는 방안연구(고령지농업시험장, 1998)와 분무경산 소서의 포장 입모율을 높이기 위해 플러그육묘를 이용하기도 하나, 이는 종서생산비를 가중시키는 원인이 된다. 그리고 망실재배에 이용하기 어려운 크기의 분무경산 소서를 육묘하여 다시 분무경 양액재배를 통해 생산한 씨감자는 필연적으로 생리적 또는 병리적 퇴화가 일어나기 때문에 조직배양묘나 조직배양을 통한 경삽묘를 이용하여 분무경 양액재배에서 생산된 종서와는 구분하여 종서유통과정에서 다르게 취급되어야 할 것이다.

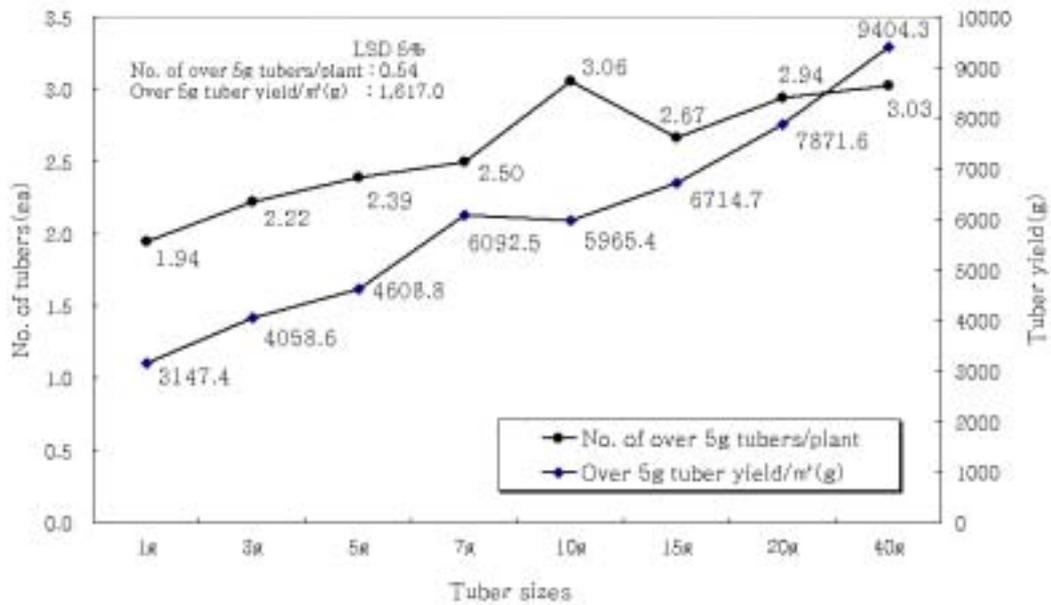


Fig. 9. Effect of several tuber sizes treated in wick hydroponics on yield characters at 91 days after planting.

그리고 본 연구에서 분무경산 종서크기에 따른 심지양액재배 시험결과, 분무경산 5g미만의 종서크기도 總塊莖收量이 3.3~4.2kg, 5g以上 塊莖收量은 3.1~4.1kg정도의 수량과 塊莖平均重도 씨감자로 사용 가능한 크기인 20~30g정도의 크기를 보여 5g 미만의 소서를 2개씩 播種하거나 최아서 충분한 莖數를 확보할 수 있게 처리를 하는 방법 등을 이용하면 단위면적당 塊莖數와 수량이 증가하여 종서생산에 사용이 가능할 것으로 보이며, 분무경산 소서의 폐기로 인한 낭비를 없앨 수 있을 것으로 생각되었다. 그러므로 분무경산 소서 즉, 5g미만의 종서에 대한 재식분수와 栽植密度 등에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.



Fig. 10. Tuber yield per polystyrene box as affected by several aeroponic tuber sizes treated in the wick hydroponic system.

Fig. 10은 분무경산 종서를 크기별로 분류하여 심지양액재배시스템을 이용하여 재배한 후 播種 91일후에 수확하였고, 폴리스티렌 상자당 塊莖收量을 보여주는 수확직 후의 그림이다.

분무경산 종서의 크기에 따른 등급별 수량분포(Table 16)를 보면, 4g이하와 81g이상의 등급수량에서만 분무경산 종서크기 처리에 따른 유의성이 인정되었다. 분무경산 5g이하의 종서크기 처리에서는 31~80g 등급의 수량이 높게 나타났고, 7g이상의 종서크기 처리에서는 31~50g등급과 81g이상 등급수량에서 높게 나타났다. 특히 분무경산 15g이상 종서크기 처리에서는 80g이하의 등급수량들보다 81g이상 등급수량이 높게 나타났다. 81g이상 등급수량은 종서크기가 클수록 증가하였고, 7g이상 종서크기 처리에서는 그 이하의 종서크기 처리에 비해 81g이상 등급수량이 2배 이상으로 높게 나타났다.

Table 16. Yield distribution by class of potato tubers produced by the wick hydroponics as affected by the size of aeroponic mini-tuber[†].

Tuber sizes [‡]	Tuber yield (g/m ²)					Total	Rate of over 5g tuber yield [§] (%)
	Under 4g	5~10g	11~30g	31~80g	Over 81g		
1g	157.4	168.5	756.0	1,782.7	440.2	3,304.8	95.2
3g	114.0	164.7	1,052.2	2,350.4	491.2	4,172.6	97.3
5g	85.4	144.7	914.7	2,628.0	921.5	4,694.2	98.2
7g	52.7	98.9	1,216.9	2,469.1	2,307.5	6,145.2	99.1
10g	84.6	246.4	1,171.5	2,682.9	1,864.6	6,050.0	98.6
15g	71.9	96.3	1,233.4	2,564.8	2,820.2	6,786.6	98.9
20g	68.0	178.9	975.2	2,966.6	3,750.9	7,939.6	99.1
40g	67.4	135.2	921.4	2,738.6	5,609.2	9,471.6	99.3
LSD 5%	49.4	NS	NS	NS	1,681.4	1,629.9	1.2

[†] Seed tubers used in this experiment were propagated through aeroponic system in 2002, spring cropping.

[‡] Tuber weight(g/tuber) of seed potato produced using aeroponics.

[§] Ratio of over 5g tuber yield for total tuber yield.

종서크기가 가벼운 처리들 즉, 1g과 3g 종서크기는 81g이상 등급수량이 매우 낮게 나타났는데, 이러한 결과로 보아 괴경크기가 작은 것은 出現은 양호할지라도 초기생육이 지연되어 종서크기가 7g이상인 처리들에 비해 괴경비대에 충분할 정도의 생육기간을 확보하지 못한 것으로 생각되었다.

다. 형질간의 상관과 회귀

Table 17과 18에 분무경산 종서의 크기에 따른 생육과 收量形質들 간의 相關關係와 경향비교결과 유의한 차이가 인정된 형질들에 대한 회귀식을 나타내었다.

株當 地上部生体重은 葉長 등 生育形質들과 높은 正의 相關이 인정되었으며, 특히 莖數(0.810), 莖長(0.921) 間에 매우 높은 正의 相關關係를 보였다. 또한 地上部生体重은 괴경관련형질들과 높은 相關關係가 있었고 특히, 塊莖平均重(0.867), 總塊莖收量/m²(0.937), 5g以上塊莖平均重(0.860), 5g以上 塊莖收量/m²(0.938)과 매우 높은 正의 相關關係를 보였다.

株當塊莖數는 株當莖數(0.625), 地上部生体重/株(0.396), 5g以上 塊莖數/株(0.805)와

유의한 正의 相關이 인정되었고, 株當 5g以上 塊莖數는 葉重을 제외한 생육과 收量形質들 간에 正의 相關이 있었으나 株當莖數(0.788)와 株當塊莖數(0.805), 塊莖收量/m²(0.765), 5g以上 塊莖收量/m²(0.763) 사이에서 높은 相關程度를 보였다.

Table 17. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the system treated several tuber sizes in the wick hydroponics.

	Leaf width(cm)	Leaf weight(g/leaf)	No. of stems/plant	Stem diameter(mm)	Stem length(cm)	Aerial fresh weight/plant(g)
Leaf length(cm)	0.936**	0.932**	0.333	0.388**	0.717**	0.694**
Leaf width(cm)		0.961**	0.380**	0.560**	0.766**	0.773**
Leaf weight(g/leaf)			0.392**	0.567**	0.727**	0.740**
No. of stems/plant				0.572**	0.729**	0.810**
Stem diameter(mm)					0.660**	0.685**
Stem length(cm)						0.921**

	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers/plant	Over 5g tuber weight(g/tuber)	Over 5g tuber yield/m ² (kg)
Leaf length(cm)	0.090	0.637**	0.602**	0.344*	0.632**	0.605**
Leaf width(cm)	0.087	0.757**	0.713**	0.394*	0.751**	0.716**
Leaf weight(g/leaf)	0.134	0.729**	0.701**	0.436	0.711**	0.704**
No. of stems/plant	0.625**	0.610**	0.813**	0.788**	0.593**	0.811**
Stem diameter(mm)	0.175	0.772**	0.732**	0.537**	0.726**	0.738**
Stem length(cm)	0.215	0.810**	0.813**	0.518**	0.786**	0.817**
Aerial fresh weight/plant(g)	0.396**	0.867**	0.937**	0.676**	0.860**	0.938**
No. of tubers/plant		0.073	0.485**	0.805**	0.098	0.474**
Average tuber weight(g/tuber)			0.899**	0.486**	0.972**	0.905**
Total tuber yield/m ² (g)				0.765**	0.890**	0.987**
No. of over 5g tubers/plant					0.410**	0.763**
Over 5g tuber weight(g/tuber)						0.893**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

總塊莖收量은 생육과 수량 등 모든 형질과 正의 相關을 보였으며, 특히 株當莖數(0.813)와 莖長(0.813) 그리고 株當 地上部生体重(0.937)의 生育形質과 높은 正의 相關程度를 보였다. 그리고 株當 5g以上 塊莖數는 株當莖數(0.788)과 비교적 높은 相關程度를 보였다.

회귀식(Table 18)에서 구한 최대의 塊莖數를 얻을 수 있는 분무경산 종서크기는 25~29g사이에 있었으며, 최대의 塊莖收量을 얻을 수 있는 종서크기는 38g정도의 무게였다.

Table 18. Significant regression equation with coefficients of determination relating tuber size and the agronomic traits and the calculated optimum planting density for tuber yield traits.

Variables	Regression equations	r ² or R ²	Opti. tuber size
Leaf length(cm)	Y**=29.045220+0.092334X	0.6224	
Leaf width(cm)	Y**=21.486919+0.113247X	0.8297	
Leaf weight(g/leaf)	Y*=6.616741+0.320882X-0.005556X ²	0.9428	
No. of stems/plant	Y*=0.916968+0.073065X-0.000827X ²	0.9500	
Stem diameter(mm)	Y**=5.469021+0.079261X-0.001271X ²	0.7661	
Stem length(cm)	Y**=44.167617+0.670478X	0.9175	
Aerial fresh weight/plant(g)	Y*=48.207211+3.525514X-0.032038X ²	0.9619	
Average tuber weight(g/tuber)	Y**=21.186567+1.519919X-0.020928X ²	0.8595	
Tuber yield/plant(g)	Y*=59.015841+3.650942X-0.072907X ²	0.9682	25.0
Total tuber yield/m ² (g)	Y*=3304.929542+316.432470X-4.082406X ²	0.9682	38.8
Over 5g tuber weight(g/tuber)	Y**=32.167108+0.652209X	0.8201	
No. of over 5g tubers/plant	Y**=2.004871+0.078782X-0.001347X ²	0.7919	29.2
Over 5g tuber yield/m ² (kg)	Y**=3173.010120+322.876226X-4.205633X ²	0.9657	38.4
Rate of over 5g tuber yield(%)	Y**=96.081497+0.298514X-0.005572X ²	0.7058	

Independent variable is tuber sizes; 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 40g.

5. 고찰

강 등(1995)은 감자 양액재배 연구에서 噴霧耕方式이 膽液耕과 薄膜循環式 재배보

다 塊莖數에 있어서 가장 많은 한 株當 74.4개를 보였으나, 1g이상의 괴경을 종서로 보았을 때 종서율이 43%에 그쳤고 20g이상의 괴경은 없었다고 하였다. 또한 이 연구에서 그는 분무경 양액재배방식을 이용하여 질소수준을 달리한 연구에서 대지품종의 경우 1g 미만의 괴경이 10~33% 비율을 보였다고 하였다.

김(1997)은 양액재배의 종류가 종서생산에 미치는 영향을 구명한 시험에서 분무경 양액재배방식이 N.F.T방식이나 제주송이(scoria) 배지경 그리고 펄라이트 배지경 양액재배 방식보다 株當塊莖數가 더 많다고 하였다. 그런데 강과 김(1995)은 종서용으로 생산되는 감자는 5~10g 정도가 적합하고 이보다 너무 크거나 작은 괴경을 수확하는 것은 바람직하지 않다고 하였으며, 이 연구에서 대지품종의 5g미만 塊莖收量은 질소수준이 4me/l 일때 19.8%를 보였으며, 8me/l 일 때는 48.3%, 0me/l 일 때는 52.1%의 수량을 보였다. 김(1997)의 연구에서 분무경 양액재배시 10g이상인 크기의 괴경이 株當 15.9개로 株當總薯數의 23%를 차지하고, 포장재배시 입모율에 있어서 종서로 이용할 수 없다고 한 3g이하의 塊莖數도 27%를 보여, 분무경산 소서(5g이하)의 처리방법과 괴경 1개의 무게가 5~10g 정도의 무게를 갖는 종서의 증식효율을 높일 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 따라서 본 연구에서 분무경산 씨감자의 종서크기별 종서생산성과 10g이상인 분무경 종서를 切斷하여 종서크기와 切片무게에 따른 생육과 수량성을 심지양액재배 시스템에서 비교 검토하였다.

분무경산 종서를 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20 그리고 40g의 8처리를 심지 양액재배시스템에 播種하여 생산력을 검토한 결과, 대부분의 형질에서 종서크기가 무거울수록 生育形質이 양호한 결과를 보였고, 수량성에 있어서도 같은 경향이였다. 종서의 크기에 따라 수량성에 차이가 있는 것에 대하여 Headford(1962), Hendriksen(1963), Moorby(1967) 등은 종서로부터 유식물체로 미량원소나 탄수화물의 전이차이가 초기의 신초(shoot)생육에 영향을 미치기 때문이라고 하였으며, 김(1997)도 분무경산 씨감자의 크기가 클수록 生育形質이 양호하였는데, 이는 씨감자의 자체 양분량이 초기생

육에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다고 하였다.

분무경산 5~7g이상의 종서크기는 葉重 8.2~8.9g, 株當莖數 1.1~1.4개, 莖徑 6.1~6.3mm, 株當 地上部生体重이 61~83g이상으로 나타났고, 塊莖平均重과 5g以上 塊莖平均重이 각각 29~38g과 35~44g, 總塊莖收量과 5g以上 塊莖收量이 각각 4.7~6.1kg, 4.6~6.0kg 정도의 수량성을 보여 심지양액재배에 있어 적당한 분무경산 종서의 크기는 5g이상이면 사용이 가능할 것으로 생각되었는데, 김(1997)은 감자 양액재배시 괴경 크기별 분포를 볼 때 1~3g범위의 괴경이 60%이상을 차지함으로 이들 괴경들은 포장재배에 가능한 크기인 3g이상으로 증대시키는 기술개발연구가 필요하다고 하였으며, Kim 등(1993)은 양액재배에서 생산된 소괴경을 크기별로 토양에 재배해서 생산된 괴경을 씨감자로서 활용하기 위해서 괴경의 크기를 조사해본 결과, 5g이상 크기의 소괴경은 노지포장에 심어도 30~80g크기의 괴경분포가 많아 씨감자 생산이 가능하다고 하여 본 연구와는 크기가 비슷하였으나 그들의 연구는 망실 또는 노지포장에서의 재배였다는 점에서 보면, 본 연구의 결과는 유리온실에서 얻어진 것으로 오히려 종서크기가 큰 것으로 생각되었다.

고령지농업시험장(1998)의 연구결과를 보면 조직배양묘를 이용할 경우 포장재배에 직접 이용이 곤란한 1g이하가 32%였으며 포장재배에 안전성이 있는 5g이상 크기의 괴경 생산량은 48%에 불과하고, 조직배양 경삼묘는 1g이하가 12%, 5g이상 괴경의 분포는 72%로 높게 나타났다고 하였다. 즉, 분무경 양액재배를 통해 생산되는 괴경의 크기분포를 보면 포장재배에 어려운 분무경산 종서 5g이하의 비율이 28~50%정도로 많이 생산되고 있는 실정이다. 이러한 이유로 분무경산 5g미만의 소서는 포장에서의 입모율을 높이기 위한 방법으로서 플러그육묘를 하여 망실재배에 이용하는 방법과 모래 또는 펄라이트 등의 배지에서 소서의 육묘를 통해 분무경 양액재배용 경삼묘를 생산하거나 육묘후 소서를 제거한 후 직접 양액재배용 묘로 이용하는 방안 등에 대해 연구하고 있으나 이들은 종서생산비를 증가시키는 요인이 되거나, 조직배양묘나 조직

배양을 이용한 경삽묘를 분무경 양액재배에 정식하여 생산된 종서와는 생산성의 차이가 있을 것으로 보이며, 이들 묘소질에 따른 생산성 검토가 필요하다.

이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안으로서 심지 양액재배 시스템이 좋은 대안으로 생각되었는데, 3g미만의 분무경산 소서도 生育形質이 그 이상의 종서크기처리에 비해 그다지 나쁘지 않았고, 株當塊莖數는 3개 내외, 塊莖平均重과 5g以上 塊莖平均重이 각각 19~25g과 30~33g사이에 있었고, 1m²當 總塊莖收量과 5g以上 塊莖收量 또한 각각 3.3~4.2kg, 3.1~4.1kg사이의 수량을 보여 莖數확보를 위해 播種時 2~3개로 재식본수를 증가시키거나 栽植密度를 증가시켜 재배하면 분무경 양액재배에서 생산되는 소피경의 크기에 상관없이 최아가 된 종서라면 모두 심지양액재배에서 사용될 수 있어 육묘로 인한 종서생산비의 증가나 폐기로 인한 종서의 낭비를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

6. 요약

葉長과 葉幅은 각각 28.1~32.1cm와 20.4~25.4cm의 범위에 있었고, 분무경산 씨감자의 크기가 클수록 대체로 길어지는 결과를 보였으며, 葉重도 종서의 크기가 증가할수록 6.5g에서 10.6g으로 무거워지는 경향이였다. 株當莖數와 莖徑 그리고 莖長도 종서크기가 클수록 증가하는 경향이였으며, 각각 1.1~2.5개, 5.28~6.64mm, 41.8~69.9cm의 범위를 보였다. 株當生体重은 씨감자의 크기가 무거울수록 많아지는 경향으로 피경의 크기가 1g에서 20g까지는 1株當 46.2g에서 100.0g으로 완만한 증가를 보이다가 40g의 종서크기에서는 139.1g으로 급격한 무게증가를 보였다. 株當 5g以上 塊莖數는 1.94~3.06개의 범위에 있었으며, 처리들 중 가장 작은 크기인 1g 크기의 분무경산 피경도 m²당 100개 이상을 생산할 수 있었다.

塊莖平均重과 5g以上 塊莖平均重은 피경크기가 증가할수록 증가하여 40g종서크기일 때 각각 48.3g과 55.5g으로 가장 무거웠으며, 종서로 사용가능한 5g以上 塊莖平均重은

28.9~55.5g의 범위에 있었고, 분무경산 종서의 塊莖平均重은 약 40g 정도의 무게를 보였다. 株當塊莖收量과 1m²당 塊莖收量은 종서크기가 무거울수록 수량도 증가하는 경향을 보였다.

위의 시험결과, 분무경산 종서는 무게가 5g이상이면 심지양액재배에 사용이 가능하고, 1g과 3g 크기의 분무경산 소서도 5g以上 塊莖收量/m²이 각각 3.1kg과 4.1kg 정도의 수량을 보여 크기에 상관없이 분무경산 종서를 모두 심지재배에 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

제6절 분무경산 종서의 절단재배 가능성 검토

1. 서론

종서갱신에 의해서 增收效果가 큰 작물로 벼, 보리, 콩은 10% 내외의 증수효과가 있으나 감자는 50%의 증수효과를 보여 종서갱신 효율이 높은 作物이다. 그러나 감자는 영양번식 작물로 타작물에 비해 단위면적당 播種 종서량이 많고 증식배율이 10배에 지나지 않아 벼에서 110배, 보리에서 30배, 옥수수에서 67배에 비해 낮다(이, 1994). 따라서 감자 재배농가의 安定生産과 收量增大를 위해서는 無病이며 生理的 活性이 높은 씨감자의 계속적인 普及이 필수적이며, 감자재배의 生産性에 결정적인 影響을 미친다고 할 수 있다.

심지관수는 모세관에 의한 물의 이동을 전제로 하기 때문에 물의 이동이 쉽고 배지의 물리성, 특히 통기성이 좋으며 공극이 충분히 발달하고 均質한 媒質이 좋고, 상부관수보다 비료의 용탈이 적고 시비량도 적어 환경에 그만큼 유리하며, 저면급수에 있어서 화분 흡 속을 비료가 느리게 이행하는 것을 식물체가 도중에 흡수 이용하며 표층으로의 집적도 일어나지 않고 비료의 효율도 높아지는 것으로 알려져 있다.

감자 양액재배에 있어서 분무경 양액재배 방식이 갖는 품종과 환경에 따른 괴경형성처리의 기술적인 문제와 병해 등의 오염위험 그리고 정전에 대비한 자가발전시설 요구 등의 문제(강과 김, 1995; 김, 1998; 양 등, 2002)로 시설확대에 어려움이 있어 이를 극복할 수 있는 기술들이 연구되어 왔다.

김 등(1997)은 培地種類별 양액재배에서 혼합상토가 223개/3.3m², 야자피트배지에서 180개/3.3m²를 생산한데 비하여 펄라이트 배지에서는 297개/3.3m²의 괴경을 생산하여 좋은 결과를 얻었고, 감자줄기껍질이묘 재식거리별 펄라이트배지경 양액재배시 15×10cm(78주 식재/3.3m²)가 376개(5g이상)의 괴경을 생산하였으며(김 등, 1998), 30×20cm으로 1본 식재(26주/3.3m²)에서 5본 식재(130주/3.3m²)한 경우 모아심는 株數가 많을수록 5g以上 塊莖數는 130개에서 269개로 증가하였다고 하였다(김 등, 1999).

김 등(1998)은 양액재배로 생산된 소괴경 씨감자의 포장생육 및 수량특성 연구에서 양액재배산 소괴경의 크기가 3g 이상이면 씨감자 생산을 위한 포장재배가 가능하다고 하였고, 김 등(1999)은 양액재배산 종서크기 5g의 수량은 일반절단서 30g과 비슷한 수

준이며, 재식거리가 넓어짐에 따라 株當塊莖重은 증가하는 반면에, 단위면적당 總塊莖重과 規格薯重에 있어서 감소하여 일반관행인 75×25cm보다 密植하는 것이 바람직하다고 하였다.

따라서 본 시험에서는 순환식 심지양액재배시 분무경산종서를 절단하여 이용할 경우의 수량성 및 품질을 비교하였다.

2. 재료 및 방법

분무경 양액재배시 생산된 10g 이상이 되는 분무경산 종서를 2~4절로 절단하여 심지양액재배 시스템에서의 종서생산성을 검토하였다.

시험구 처리는 5, 10, 20g의 전서처리와 10, 20, 30g을 각각 2절과 4절로 절단한 처리 등 9처리를 난괴법 4반복으로 배치하였다. 시험재료는 봄작기에 생산된 분무경산 소괴경을 이용하였고, 씨감자의 절단처리는 播種 3일 전에 실시하였다.

播種은 2002년 9월 11일에 실시하였고, 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 혼합배지를 상자당 20ℓ 씩 충전된 폴리스티렌상자에 9주씩 播種하였다. 폴리스티렌상자 당 8개의 심지를 상자의 밑면에 놓혀 양액을 흡수하게 하였으며, 播種 후 70일에 生育形質에 대한 조사와 91일 후에 수확하여 등급별 收量形質 등의 특성에 대한 조사를 실시하였다.

3. 결과

분무경산 소괴경은 塊莖平均重이 5~10g사이에 있으며, 망실 또는 포장재배시 종서로서 사용 가능한 괴경무게는 5g정도면 충분하다고 한다(김 등, 1993; 강과 김, 1995). 그러나 실제 재배에 있어서는 10g이상이 되는 괴경이 다수 생산되기 때문에 심지 양액재배시 분무경 양액재배에서 생산된 10, 20, 30g의 씨감자를 2절과 4절로 절단하여 생산성을 검토하였고, 이들 처리를 분무경산 5, 10, 20g의 전서와 생산성 비교를 하였다.

가. 생육형질

씨감자의 효율적인 생산성 향상을 위한 방법의 하나로서 분무경산 10g 이상이 되는

종서를 2~4절로 절단하여 심지양액재배 시스템에 播種하여 70일 후 生育形質에 대한 조사결과는 Table 19와 Fig. 11에서 보는 바와 같다.

Table 19. Effect of several uncut tubers and number of seed-pieces treated in wick hydroponics on growth characters of 'Dejima' seed potato produced by aeroponics at 70 days after planting[†].

Treatments	Emergence rate(%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)
5g [‡] -0 [§]	100	28.3	21.8	8.17	6.13	44.2
10g-0	100	30.9	22.9	8.93	6.02	54.0
20g-0	100	30.8	24.4	10.42	6.46	56.5
10g-2	100	28.3	20.6	4.96	5.59	47.3
10g-4	100	27.1	20.2	4.67	5.24	43.4
20g-2	100	27.6	20.7	4.88	5.56	49.4
20g-4	100	28.4	21.0	5.31	5.52	48.9
30g-2	100	28.7	20.9	5.22	5.64	55.4
30g-4	100	29.0	21.4	5.62	5.61	50.1
LSD 5%	-	NS	NS	2.28	0.32	8.3

[†] Mini-tuber produced through aeroponic system in 2002, spring cropping.

[‡] Tuber size(g) of uncut seed tuber produced by aeroponics.

[§] Number of seed-pieces, 0: uncut seed tuber, 2: cut in two pieces, 4: cut in four pieces.

본 시험에 사용된 씨감자의 播種전 상태가 충분히 휴면기간을 경과하여 최아가 균일하였고, 절단시에도 절편당 눈의 수가 균등하게 확보되도록 주의를 기울였으며, 절단 후 치유도 양호하였기 때문에 모든 처리구에서 100%의 出現상태를 보였다.

葉長과 葉幅은 각각 27.1~30.9cm와 20.2~24.4cm의 사이에 있었으며, 전서와 절단서 처리들간 유의한 차이는 보이지 않았다. 그러나 葉重은 전서처리가 8.2~10.4g을, 절단서는 4.7~5.6g의 범위를 보여 전서와 절단서 처리간에 큰 차이가 있었으며, 절단서 내에서는 종서크기와 절수에 관계없이 그 차이가 크지 않았다.

株當莖數는 전서가 1.1개에서 1.9개로 괴경크기가 무거울수록 많아졌다. 절단서는 株當莖數가 1.5~2.4개의 범위로 전서보다 많은 결과를 보였는데, 이러한 결과는 절단에 의한 괴경의 상처로 인해 정아우세성이 타파된 결과로 보인다. 그리고 동일한 괴경크기 내에서는 4절보다는 2절로 절단한 괴경이 株當莖數가 많은 경향이었는데, 이

는 동일한 크기의 괴경을 절단시 2절보다는 4절로 절단한 것이 괴경 1쪽 당 눈의 수가 적었던 데 기인한 것으로 생각된다.

莖徑도 전서를 심은 처리구가 6.02~6.46mm였고, 절단된 괴경을 播種한 처리구는 5.24~5.64mm로 전서가 절단서보다 두꺼운 경향이였으며, 차이는 미미하나 동일한 괴경크기에서는 4개로 절단한 것보다 2개로 절단한 괴경이 두꺼웠다.

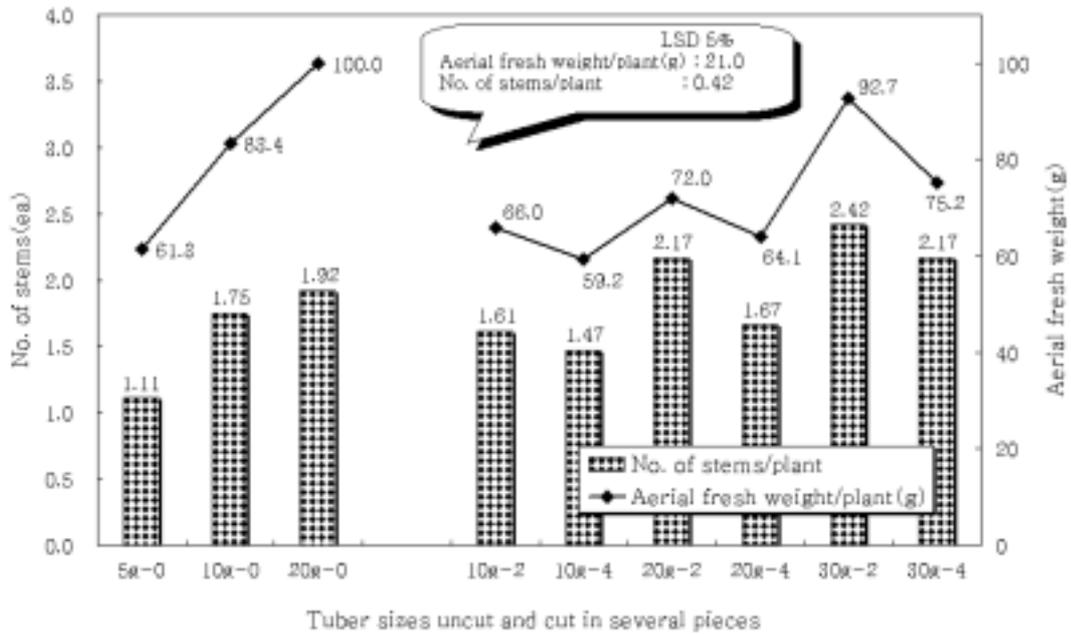


Fig. 11. Effect of several uncut tubers and number of seed-pieces treated in wick hydroponics on the number of stems and aerial fresh weight per plant at 70 days after planting.

莖長은 절단서가 43.4~55.4cm의 범위에 있었는데, 괴경크기 10g을 4절하여 1쪽 당 무게가 2.5g인 처리구를 제외하고는 전서 5g 처리구보다 절단서가 3.1cm에서 11.2cm 정도 더 길었다.

地上部生体重은 괴경의 절편무게가 증가할수록 생체중도 증가하는 경향이였으며, 절편무게가 5g인 처리, 즉 5g 전서, 10g 2절, 20g 4절은 처리 간에 차이가 없었고, 괴경의 절편무게가 5~10g인 처리 간에는 생체중에 있어서도 그 차이가 微微하였다.

나. 수량형질

심지양액재배시 몇 가지 크기의 전서와 절편수가 播種 91일후의 收量形質에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 20과 Fig. 12에서 보는 바와 같다.

Table 20. Effect of several uncut tubers and number of seed-pieces treated in wick hydroponics on yield characters at 91 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponic system.

Treatments [†]	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers /plant	Over 5g tuber yield/m ² (g)	Rate of over 5g tuber yield [‡] (%)
5g-0	2.89	29.0	4,694.2	2.39	4,608.8	98.2
10g-0	3.56	30.4	6,050.0	3.06	5,965.4	98.6
20g-0	3.33	42.5	7,939.6	2.94	7,871.6	99.1
10g-2	3.14	28.1	4,944.5	2.72	4,873.9	98.6
10g-4	3.44	21.6	4,157.8	2.56	4,041.8	97.2
20g-2	3.25	30.6	5,564.5	2.61	5,484.6	98.6
20g-4	2.89	27.3	4,422.3	2.39	4,348.1	98.3
30g-2	3.39	34.6	6,562.0	2.75	6,463.0	98.5
30g-4	3.06	35.0	5,996.6	2.28	5,883.7	98.1
LSD 5%	NS	9.9	1,574.9	NS	1,579.0	NS

[†] See treatments in Table 19.

[‡] Ratio of over 5g tuber yield for total tuber yield.

株當塊莖數와 株當 5g以上 塊莖數는 각각 2.9~3.6개, 2.4~3.1개의 범위에 있었으나 처리간에 유의한 차이가 없었다.

塊莖平均重은 10g을 4절로 절단한 처리가 각각 21.6g으로 가장 가벼웠으며, 절단한 괴경의 절편무게가 증가할수록 塊莖平均重과 종서평균중도 증가하고, 전서든 절단서든 종서크기가 비슷한 것은 塊莖平均重도 비슷한 결과를 보였다.

總塊莖收量/m²은 5g, 10g, 20g의 전서처리는 괴경크기가 클수록 4,694g에서 7,940g으로 증가하였고, 절단처리는 10g 4절처리(4,158g)를 제외한 모든 시험구에서 5g 전서 처리에 비해 비슷하거나 높은 수량성을 보였으며, 20g 2절과 30g 2절 그리고 30g 4절 즉, 절편무게가 7.5g이상인 종서크기는 總塊莖收量이 5.6kg이상을 보였다. 株當 5g以上 塊莖收量과 m²당 5g以上 塊莖收量도 비슷한 결과였으며, 5g이상 괴경비율은 97%이상

으로 모든 처리에서 높게 나타났다.

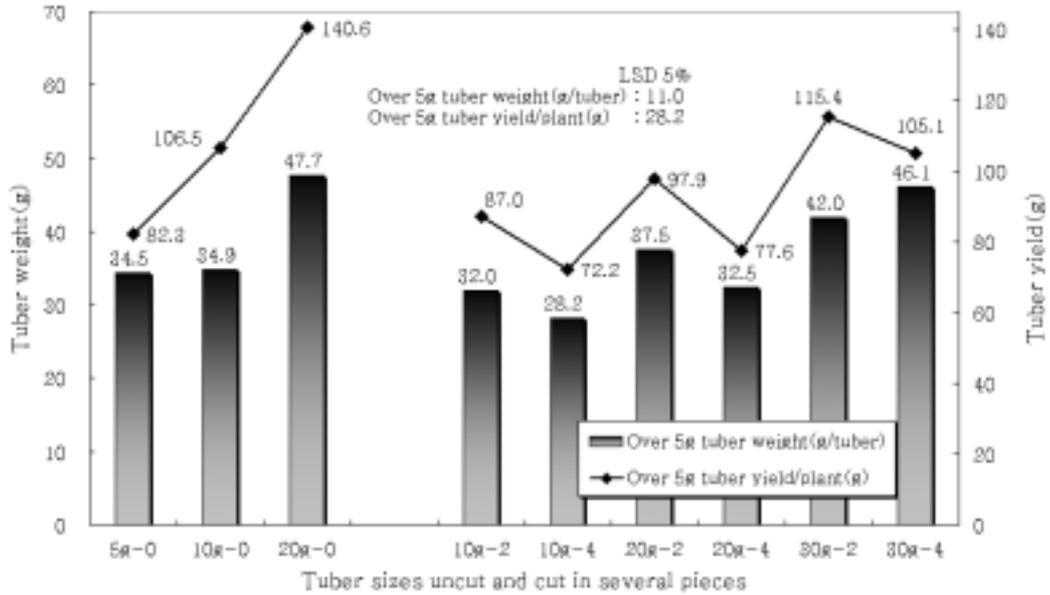


Fig. 12. Effect of several uncut tubers and number of seed-pieces treated in wick hydroponics on over 5g tuber weight and over 5g tuber yield/plant at 91 days after planting.

5g以上 塊莖平均重은 10g 4절처리가 28.2g으로 가장 가벼웠고 절편무게가 무거울수록 塊莖平均重도 대체로 증가하는 경향이였으며, 5g 전서(34.5g)와 절편무게가 5g인 10g 2절(32.0g)과 20g 4절(32.5g)처리는 비슷한 무게를 보였다. 그리고 10g 전서(34.9g)와 절편무게가 10g인 20g 2절(37.5g)도 비슷한 塊莖平均重을 보였다. 또한 株當 5g以上 塊莖收量은 전서인 경우, 종서크기가 클수록 수량도 증가하였고 절단처리인 경우도 절편무게가 무거울수록 증가하는 경향이였다. 전서의 무게와 비슷한 절편무게를 갖는 처리들 즉, 5g 전서(82.3g)는 10g 2절(87.0g)과 20g 4절(77.6g), 10g 전서(106.5g)는 20g 2절(97.9g)과 비슷한 수량을 보였다.

이러한 결과들은 분무경산 종서를 심지양액재배에 사용하는 경우에 일정한 크기 즉, 본 시험의 결과 5g 정도의 무게를 갖는다면 절단하여 사용하는 것이 가능하다는

것을 보여준다. 다시 말하면, 분무경산 씨감자의 증식효율을 높이기 위해 절단하여 이용하는 경우에 종서의 절편무게가 5g 이상으로 전서 5g의 무게와 비슷한 경우에는 식물생육에 큰 차이가 없고, 收量形質에서도 동일한 크기의 전서처리와 비슷한 수량을 보였다. 따라서 분무경산 10~20g크기의 소피경은 2절로 절단하여 사용하고, 20g이상의 소피경은 4절하여 사용하여도 지장이 없을 것으로 생각되었다.

분무경산 종서의 전서와 절단처리시 심지양액재배에 의해 생산된 괴경의 등급별 수량분포(Table 21)를 보면, 81g이상의 등급수량을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그리고 81g이상 등급수량에서 보면 전서처리와 절단처리에 상관없이 종서 크기가 무거울수록 수량성이 높았다. 즉, 5g전서인 경우 921.5g이던 것이 20g전서처리에서는 3,750.9g으로 4배정도 수량이 높았고, 30g 종서를 절단처리한 것을 제외하고는 대체로 4절한 것보다는 2절한 것이 수량성이 높게 나타났다. 그리고 전서처리와 절단처리에 관계없이 이 시험의 처리내에서는 11~30g과 31~80g등급수량에서 처리간 차이가 없었고, 높은 수량성을 보여 분무경 양액재배를 통해 생산된 10g이상의 종서를 절단하여 재배하는 것이 가능하였다.

Table 21. Yield distribution by class of potato tubers produced by the wick hydroponics.

Treatments	Tuber yield (g/m ²)					Total
	Under 4g	5~10g	11~30g	31~80g	Over 81g	
5g-0	85.4	144.7	914.7	2,628.0	921.5	4,694.2
10g-0	84.6	246.4	1,171.5	2,682.9	1,864.6	6,050.0
20g-0	68.0	178.9	975.2	2,966.6	3,750.9	7,939.6
10g-2	70.6	262.7	936.6	2,692.0	982.5	4,944.5
10g-4	116.0	182.8	1,223.9	2,039.3	595.8	4,157.8
20g-2	80.0	292.8	936.8	1,757.5	2,497.6	5,564.5
20g-4	74.2	235.4	785.2	1,804.6	1,522.9	4,422.3
30g-2	98.9	199.7	833.2	2,829.4	2,600.7	6,562.0
30g-4	112.9	147.6	1,158.4	1,598.5	2,979.2	5,996.6
LSD 5%	NS	NS	NS	NS	1,762.9	1,574.9

다. 형질간의 상관관계

Table 22에 분무경산 중서에 몇가지 전서와 절단처리시 생육과 收量形質들 간의 相關關係를 나타내었다.

Table 22. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the system treated several tubers uncut and cut in pieces in the wick hydroponics.

	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)	Aerial fresh weight/plant(g)
Leaf length(cm)	0.919**	0.769**	-0.117	0.322*	0.769**	0.713**
Leaf width(cm)		0.881**	-0.194	0.433**	0.680**	0.675**
Leaf weight(g/leaf)			-0.301*	0.646**	0.543**	0.566**
No. of stems/plant				-0.100	0.323*	0.390**
Stem diameter(mm)					0.359**	0.354**
Stem length(cm)						0.900**

	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers/plant	Over 5g tuber weight(g/tuber)	Over 5g total tuber yield/m ² (g)
Leaf length(cm)	-0.124	0.642**	0.578**	0.113	0.555**	0.584**
Leaf width(cm)	-0.154	0.665**	0.595**	0.076	0.583**	0.601**
Leaf weight(g/leaf)	-0.093	0.556**	0.530**	0.177	0.438**	0.537**
No. of stems/plant	0.444**	0.139	0.358**	0.309*	0.221	0.349**
Stem diameter(mm)	-0.065	0.451**	0.454**	0.042	0.438**	0.455**
Stem length(cm)	-0.033	0.736**	0.725**	0.194	0.666**	0.732**
Aerial fresh weight/plant(g)	0.205	0.782**	0.893**	0.416**	0.710**	0.895**
No. of tubers/plant		-0.265	0.252	0.795**	-0.214	0.233
Average tuber weight(g/tuber)			0.860**	0.002	0.940**	0.869**
Total tuber yield/m ² (g)				0.430**	0.818**	0.991**
No. of over 5g tubers/plant					-0.152	0.425**
Over 5g tuber weight(g/tuber)						0.821**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

株當 地上部生体重은 葉長 등의 모든 生育形質과 유의한 正의 相關關係를 보였으며, 특히 莖長(0.900)과는 매우 높은 正의 相關이 있었다. 그리고 株當塊莖數를 제외한

괴경관련형질들과도 유의한 相關關係를 보였고, 總塊莖收量/m²(0.893), 5g以上塊莖收量/m²(0.895)과는 매우 높은 正의 相關을 보였다.

株當莖數는 株當塊莖數(0.444)와 5g以上 塊莖數/株(0.309) 間에 유의한 상관을 보였으나 그 相關程度는 낮은 편이었고, 5g以上 塊莖數/株는 地上部生体重/株(0.416)과도 유의한 상관을 보였으나 相關程度는 낮은 편이었다.

4. 고찰

괴경의 크기와 切斷有無는 그 후의 生育經過를 지배하는 것으로 감자재배에 있어서 중요하며, 小薯를 씨감자로 이용하는 경우에는 黑痣病의 피해율이 높고, 초기의 경엽 생육이 빈약하게 되며, 수량이 약간 감소하는 경향을 보인다. 또한 小薯를 씨감자로 사용하는 경우에는 30~120g 사이에는 큰 차이가 없지만, 괴경을 절단한 경우에는 각 절편의 무게는 40~60g이 적당하고 눈수는 2~4개 정도가 필요하다. 절단한 괴경의 무게가 많으면 싹(芽)이 강하게 나오고 지상부가 크고, 괴경비대와 경엽의 枯澇가 약간 일찍 일어난다.

김(1997)은 분무경 양액재배를 통해 생산된 괴경은 포장재배시 그 이용에 있어 5g 이상의 괴경은 일반 씨감자 생산성의 90% 수준으로서 씨감자 생산이 가능한 것으로 생각된다고 하였다. 그런데, 그의 연구에서 10g이상의 괴경도 株當 15.9개가 생산되어 약 23% 정도를 차지하고 있었다. 보통 분무경산 씨감자는 망실재배로 증식단계가 이어지는데, 이때는 괴경의 크기에 상관없이 전서로 이용하게 된다. 이는 포장에서의 적응성이 인공씨감자보다는 높지만 일반종서에 비해 떨어지기 때문인데, 본 연구의 시험결과 심지 양액재배시 분무경 양액재배를 통해 생산된 일정크기 이상의 괴경을 절단하여 재배하여도 수량성 등에서 크게 저하되지 않기 때문에 이를 전서로 심지재배에 이용하는 것보다는 절단하여 재배하는 것이 분무경산의 종서증식효율 면에서 바람직할 것으로 생각된다.

10g이상의 분무경산 종서를 각각 2절과 4절로 절단하여 생산력을 검토한 결과, 종서의 절편 무게가 비슷한 것은 생육과 收量形質 모두 비슷한 결과를 보였고, 절편무게가 무거울수록 생육과 수량성도 양호하였으며, 동일한 종서를 2절한 것과 4절한 것과의 비교에서는 2절한 것이 양호한 결과를 보였다. 이러한 결과는 분무경산 종서(전

서)의 크기별 생산성 시험과 동일한 결과를 보였는데, 이처럼 전서와 절단서에 상관없이 종서 1개의 무게가 무거울수록 생육과 수량도 높았던 것은 모서로부터 유식물체가 생육하는 데 필요로 하는 미량원소나 탄수화물의 전이량 때문(Headford, 1962; Hendriksen, 1963; Moorby, 1967)으로 생각되며, White(1943)도 種片의 크기가 클수록 초기생육이 양호하고 수량이 증가한다고 하였다.

심지양액재배에 이용할 수 있는 분무경산 소괴경의 크기는 5g정도면 사용할 수 있는데, 분무경산 소괴경을 절단할 경우에도 절편의 무게가 5g이상이면 식물생육과 수량성에 전서 5g처리와 큰 차이가 없었다. 즉, 10g과 20g크기의 소괴경을 각각 2절과 4절로 절단하여 절편무게가 5g이 되도록 처리한 경우 生育形質과 收量形質 등에서 전서 5g과 비슷하거나 나은 결과를 얻었으며, 그 이상으로 절편무게를 증가시키는 경우에도 같은 크기의 전서처리와 수량성 등 대부분의 형질들에서 비슷한 결과를 보였다. 따라서 분무경산 씨감자의 절편무게가 5g정도가 되도록 절단하여 심지재배에 이용하여도 생육과 수량성에 있어서 5g크기의 전서와 비슷한 결과를 보여 분무경산 소괴경의 절단재배가 충분히 가능하여 분무경 양액재배에서 20%이상(김, 1997)이 생산되는 10g크기 이상인 괴경의 씨감자 증식효율을 높이는 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 요약

葉重은 전서처리가 8.2~10.4g을, 절단서는 4.7~5.6g의 범위를 보여 전서와 절단서 처리간에 큰 차이가 있었으며, 절단서 내에서는 종서크기와 절수에 관계없이 그 차이가 크지 않았다.

株當莖數는 전서가 1.1개에서 1.9개로 괴경크기가 무거울수록 많아졌고, 절단서는 株當莖數가 1.5~2.4개의 범위로 전서보다 많은 결과를 보였다.

株當生体重은 괴경의 절편무게가 증가할수록 생체중도 증가하였으나, 괴경의 절편무게가 5g인 처리, 즉 5g전서, 10g 2절, 20g 4절은 처리간 차이가 미미하였다.

塊莖平均重과 5g以上 塊莖平均重은 10g을 4절로 절단한 처리가 각각 21.6g과 28.2g으로 가장 가벼웠으며, 절단한 괴경의 절편무게가 증가할수록 塊莖平均重과 5g以上 塊莖平均重도 증가하고, 전서든 절단서든 종서크기가 비슷한 것은 塊莖平均重도 비슷

한 결과를 보였다.

株當塊莖收量은 10, 20, 30g의 전서처리는 괴경무게가 증가할수록 83.8g에서 141.8g으로 무거워졌고, 절단서처리는 10g 4절 처리를 제외한 모든 시험구에서 5g 전서처리와 비슷하거나 많았으며, 20g 2절과 30g 2절, 4절처리가 100g 내외의塊莖收量을 보였다.

절단서 처리는 m²當 總塊莖收量이 4,158~6,562g 범위에 있었고, 절편무게가 7.5g이상(20g 2절 및 30g 2절, 4절)은 5.6kg이상의 總塊莖收量을 보였으며, 5g이상 괴경의 비율은 모든 처리에서 97%이상으로 높게 나타났다.

따라서 분무경산 씨감자의 증식효율을 높이기 위해 10g이상의 분무경산 종서는 5g내외로 절단하여 사용하는 것이 가능할 것으로 생각된다.

제7절 심지재배산 종서의 크기별 포장생산 능력검정

1. 서론

이(1994)는 갱신효과가 큰 작물인 감자는 종자의 매년 갱신이 필요하나 갱신통은 20% 내외의 수준에 불과하며 증식배율이 타 작물에 비하여 낮고 단위면적당 종서소요량이 많아 일시에 종자갱신통의 대폭적인 제고는 곤란한 실정이며, 채종적지의 부족, 채종환경의 악화, 채종기술인력의 부족 등으로 우량종서의 공급통이 낮은 실정이라고 하였고, 김(2002)은 채종환경이 좋은 일본, 미국, 화란 등의 국가에서는 채종단계를 늘리는 대신 상위단계 씨감자생산을 축소하여 집약적 병검정 실시로 씨감자 품질을 높이는 경향이지만 우리나라는 채종환경이 불량하여 채종단계를 축소하는 것이 유리하므로 상위단계 씨감자의 생산량 확대가 필요하다고 하였다.

분무경 양액재배방식은 뿌리가 공기중에 노출되어 緩衝能이 거의 없기 때문에 근권부의 기상조건에 민감한 반응을 보이고, 주기적인 噴霧로 인한 물리적인 자극이 심하여 이에 대한 대상작물의 극복여하에 따라 생육의 차이로 나타나며(강과 김, 1995), 품종에 따라 노지와는 다른 환경으로 인해 피경형성이 잘 안되는 경우도 있는데 이러한 피경형성 처리의 기술적인 문제와 재배특성상 오염의 위험이나 재배기간 중 정전에 대비할 수 있는 시설을 필요로 하며, 피목비대로 생기는 저장력 감소 등 피경의 품질저하와 이로 인한 포장적응력 저하 등(김, 1998; 양 등, 2002)의 문제로 인해 시설면적 확대에 어려움을 겪고 있다. 현재 양액재배를 이용한 종서생산은 농촌진흥청 고령지농업시험장과 제주도 농산물원종장 등 20여개 지역에서 실시중이며 기술 정착 단계에 있다. 그러나 2002년 기준 전국의 감자 양액재배면적은 1,174평으로(김, 2002) 1개 지역의 평균 시설면적은 약 60평에 지나지 않고 있다.

姜과 金(1995)은 감자 양액재배에 의하여 생산된 소피경은 크기가 작은 것은 0.5g에서 큰 것은 20~30g으로서 일반피경에 비하여 작으나 5g 이상이면 포장재배가 쉽고 수량감소가 적으므로 씨감자용으로는 5~10g 정도 크기의 소피경을 많이 생산하는 것이 바람직하다고 하였다.

따라서 본 절에서는 심지양액재배를 이용하여 생산한 씨감자를 크기별로 분류하여 봄 및 가을재배시 분무경산 씨감자와 비교시험을 노지포장에서 수행함으로써 심지재

배산 종서의 포장생산능력을 검정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

심지양액재배산 종서에 대한 노지포장시험은 2002년 봄과 가을, 두 시기에 걸쳐 수행하였다. 봄재배시험은 2001년 가을작기에 심지양액재배를 통해 생산된 씨감자를 1g 이하, 1~3g, 3~5g, 5~7g, 7~10g, 10~20g, 20~30g, 30~50g, 50~80g으로 분류하여 다음해인 2002년 봄에 수행하였고, 가을재배시험은 2002년 봄작기에 생산된 심지재배산 씨감자를 1~3g, 3~5g, 5~7g, 7~10g, 10~20g, 20~30g, 30~50g으로 분류하여 같은 시기에 생산된 분무경산 씨감자 7g, 15g처리와 비교·검토하기 위하여 2002년 가을에 수행하였다.

봄재배시험은 10a당 질소, 인산, 가리 그리고 퇴비를 각각 10, 10, 12, 1,000kg을 시비하여 60×20cm의 재식거리로 2002년 3월 11일에 播種하였고, 播種 후 투명비닐로 피복하여 멀칭재배를 하였다. 가을재배시험은 봄재배보다 질소비료를 50% 증시하였으며, 2002년 8월 20일에 70×20cm의 재식거리로 播種하였다. 시험구는 각각 봄재배시 난괴법 3반복과 가을재배시 난괴법 4반복으로 배치하여 수행하였다.

生育形質에 대한 특성조사는 봄재배와 가을재배 모두 播種 70일후에 실시하였고, 收量形質에 대한 특성조사는 播種 93일후에 봄재배에 대한 수량조사를, 92일후에 가을재배에 대한 수량조사를 각각 실시하였으며, 농촌진흥청 농사시험연구조사기준(1995)에 의거하여 조사하였다.

3. 결과

본 시험은 심지양액재배에서 생산된 씨감자를 크기별로 분류하여 포장에서의 적응성을 검정하기 위해 봄재배시험을 수행하였고, 가을재배시험은 심지재배산 종서를 크기별로 분류하여 분무경산 씨감자와의 비교시험을 노지포장에서 수행하였다.

가. 봄재배 시험

봄재배 생산력 검정시험은 2001년 가을에 심지양액재배를 통하여 생산된 종서를 1g 이하, 1~3g, 3~5g, 5~7g, 7~10g, 10~20g, 20~30g, 30~50g, 50~80g의 크기로 분

류하여 시험하였고, 播種 후 70일에 莖長 등 생육조사를, 93일에 收量形質에 대하여 조사를 하였다.

1) 생육형질

심지양액재배산 씨감자의 봄재배시 播種 70일후의 크기별 生育形質에 대한 조사결과, 出現所要日數는 종서크기에 따른 차이를 보이지 않았고 葉幅도 종서크기 간에 일정한 경향이 없었으며, 유의한 차이도 없었다.

莖長은 종서크기가 클수록 대체로 길어지는 경향이였으며, 3g이상의 씨감자는 30cm 내외의 葉長을 보였다. 株當莖數는 종서크기가 증가할수록 1.1개에서 2.9개로 증가하였으며, 7g이상의 종서는 株當莖數가 2개 이상으로 적당한 편이었다. 莖徑도 종서크기에 따라 대체로 증가하였고 5g 이상 크기의 종서는 9mm 이상의 두께를 보였고, 그 이하의 종서크기에서는 8mm이하의 두께를 보였다(Table 23).

Table 23. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics on growth characters at 70 days after planting of 'Dejima' potato on the field in 2002, spring cropping[†].

Tuber sizes	Days to emergence	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)
Under 1g	36.7	24.2	16.4	1.10	6.87
1-3g	33.7	25.1	16.6	1.23	7.32
3-5g	34.3	28.2	19.2	1.28	7.99
5-7g	31.7	31.4	21.1	1.69	9.20
7-10g	34.7	29.2	18.7	2.20	8.68
10-20g	32.0	32.0	20.3	2.23	9.96
20-30g	33.7	32.4	20.0	2.27	9.58
30-50g	34.3	32.3	20.1	2.67	11.02
50-80g	35.7	31.0	18.9	2.86	10.44
LSD 5%	NS	5.5	NS	0.57	1.99

[†] Seed tubers used in this experiment were produced by wick hydroponics in 2001, fall cropping.

出現率(Fig. 13)은 심지양액재배산 종서크기 간에 28%에서 93%까지 큰 폭의 차이가 있었으며, 5g이상의 크기는 60% 이상의 出現率을 보였고, 종서크기가 무거울수록

높았다. 10g이상의 종서크기는 出現率이 90%정도로 양호하였으나, 그 이하 크기의 종서는 60%내외로 5~10g사이의 종서는 播種하기 전에 충분히 최아된 씨감자를 사용하여 出現率을 높여야 할 것으로 생각되었다.

莖長은 5g종서크기 이하는 20cm 내외를, 5~10g크기의 종서는 24cm 내외였으며, 10g이상의 종서크기는 30cm이상의 莖長을 보여, 종서크기가 무거울수록 길어지는 경향이였다(Fig. 13).

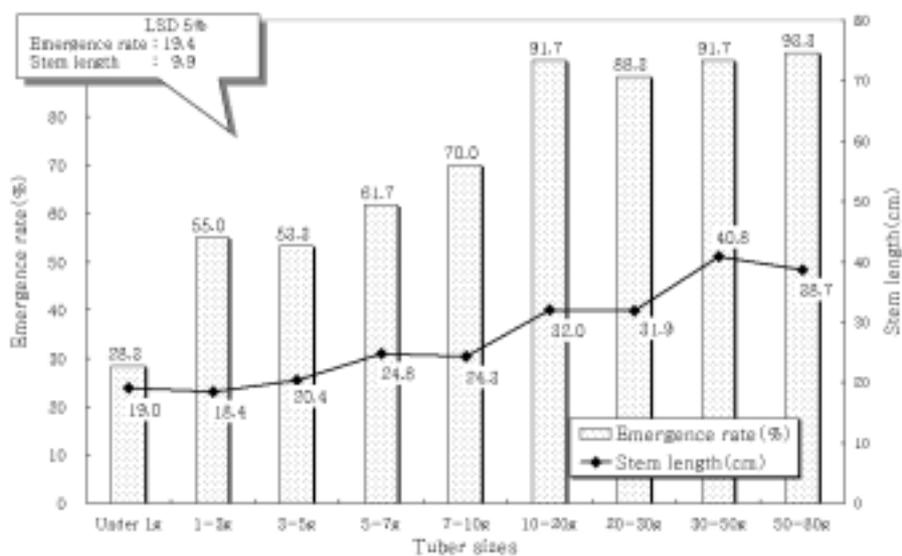


Fig. 13. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics on emergence rate and stem length at 70 days after planting in the field.

2) 수량형질

Table 24는 몇 가지 크기의 심지재배산 씨감자의 생산력 검정을 위한 2002년 봄재배시험 결과로서, 播種 93일후에 수확하여 수량관련 형질들에 대한 특성을 조사하였다.

株當塊莖數는 종서크기에 따라 일정한 경향은 보이지 않았으나, 3g크기 이하 처리구는 3~5개, 3g종서크기 이상인 처리구에서는 6~9개의 塊莖數를 보였고, 株當종서수는 5g이하 처리구는 2개 이하였으며, 5g종서크기 이상인 처리구는 株當종서수가 2.4~

8.6개로 많았다.

塊莖平均重은 24.0g에서 43.5g의 무게를 보였는데, 종서크기에 따른 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 24. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics on growth characters at 93 days after planting of 'Dejima' potato in the field in 2002, spring cropping.

Tuber sizes	No. of tubers /plant	Average tuber weight/tuber(g)	Tuber yield /plant(g)	Marketable yield /10a [†] (kg)	Total tuber yield /10a(kg)
Under 1g	3.23	23.9	89.3	169.7	320.4
1-3g	4.86	27.7	133.9	159.4	619.0
3-5g	6.40	25.3	153.7	167.4	680.7
5-7g	8.40	33.9	276.1	591.6	1,433.4
7-10g	6.92	28.6	196.3	349.6	1,193.1
10-20g	6.99	37.3	262.3	880.9	2,038.3
20-30g	8.62	33.3	286.9	792.5	2,091.9
30-50g	7.40	36.7	277.4	727.6	2,109.8
50-80g	6.54	43.5	294.0	1,111.1	2,360.4
LSD 5%	2.57	NS	129.4	613.7	1,019.3

[†] Over 80g tuber yield per 10a.

株當塊莖收量은 심지재배산 5g미만의 종서크기 처리구는 150g이하의 수량을 보였고, 5g이상의 종서크기 처리구는 200g이상의 수량성을 보였다.

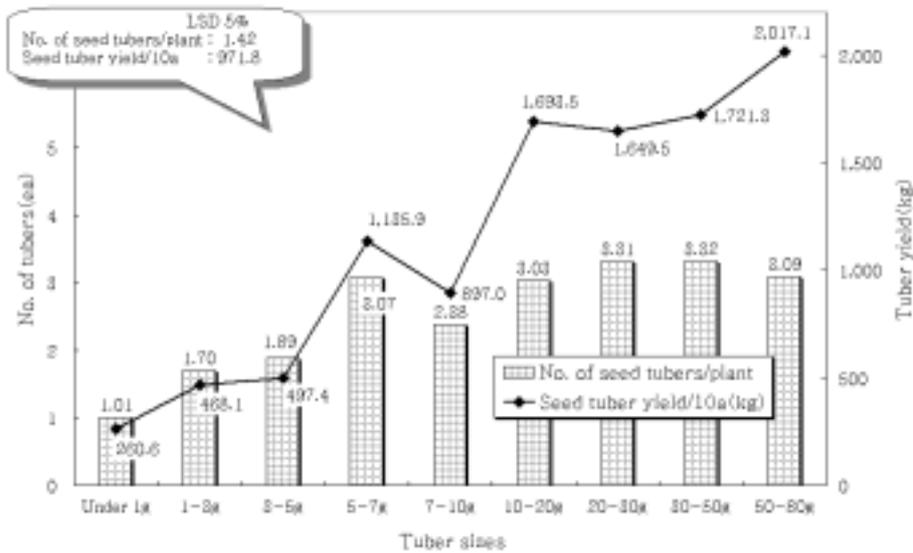


Fig. 14. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics on the number of seed tubers/plant and seed tuber yield/10a at 90 days after planting on the field. Seed tuber yield; the yield of 30~250g tuber size available as a seed tuber in a field.

10a당 種薯規格薯重과 總塊莖收量은 종서크기가 증가할수록 대체로 증가하는 경향을 보여 5g以上の 종서크기는 각각 900~2,000kg과 1,200~2,400kg 정도의 수량을 얻었고, 5g이하의 종서크기는 각각 500kg과 700kg이하의 수량을 보였다. 10a당 上薯重은 50~80g처리구를 제외하고는 10a당 1,000kg도 되지 않았으며, 처리간에 유의성도 없었다.

심지 양액재배를 통해 생산된 괴경을 크기별로 분류하여 봄재배시 노지포장에서 재배하여 수확한 괴경의 등급별 수량분포(Table 25)를 보면, 등급별 수량을 전체적으로 보아 종서무게가 무거울수록 등급수량도 높은 경향이였으나 251g 등급수량은 거의 없었으며 151~250g의 등급수량도 낮은 편이었고, 또한 30g이하의 屑薯重은 다른 등급의 수량에 비해 상대적으로 높았다. 이는 본 시험에서 사용한 대지품종의 특성이 중만생 계통으로 봄재배시 약간 늦은 3월 11일에 播種하여 멀칭재배를 하였으나 시험포장의 위치가 해발 277m인 곳으로 播種하고 나서 4월 중순까지도 최저기온이 10℃이하로 낮아 출현기가 늦어졌으며 이로 인해 괴경 비대를 위한 충분한 생육기간의 확보

가 어려웠기 때문인 것으로 생각되었다.

Table 25. Yield distribution by class of potato tubers produced on the experimental field as affected by the size of tuber produced by the wick hydroponics at 93 days after planting in 2002, spring cropping.

Tuber sizes	Tuber yield (kg/10a)						Total	Rate of seed tuber yield(%)
	Under 30g	31~50g	51~80g	81~150g	151~250g	Over 251g		
Under 1g	59.8	45.1	45.7	89.2	80.5	0.0	320.4	81.3
1-3g	150.9	136.6	172.0	159.4	0.0	0.0	619.0	75.6
3-5g	183.3	162.2	167.8	141.0	26.4	0.0	680.7	73.1
5-7g	297.4	236.0	308.3	456.0	100.6	35.1	1,433.4	76.8
7-10g	296.1	252.0	295.4	349.6	0.0	0.0	1,193.1	75.2
10-20g	344.8	342.7	469.8	621.4	259.6	0.0	2,038.3	83.1
20-30g	442.4	387.8	469.3	529.8	262.7	0.0	2,091.9	78.9
30-50g	388.5	349.6	644.1	543.6	144.6	39.5	2,109.8	79.7
50-80g	343.3	379.8	526.2	908.9	202.2	0.0	2,360.4	85.5
LSD 5%	133.4	164.3	346.1	484.9	164.0	NS	1,019.3	NS

중서무게 10g이상인 처리는 151~250g등급수량이 그 미만의 중서무게처리에 비해 높게 나타났고, 이 또한 出現率이 낮고 出現期間이 길었기 때문인 것으로 생각되었다. 그리고 5g이상 괴경비율은 73.1~85.5%의 범위에 있었으며 유의한 차이는 없었다.

3) 형질간의 상관과 회귀

Table 26과 27은 봄재배시 생육과 收量形質들 간의 相關關係와 경향비교 후 유의성이 인정된 형질들의 회귀식을 나타낸 것이다.

出現所要日數와 株當莖數, 出現所要日數와 莖徑 간의 상관과 株當塊莖數와 塊莖平均重 간의 상관을 제외한 대부분의 生育形質과 收量形質들 간에 유의한 相關關係가 인정되었다.

Table 26. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the experiment field treated several tuber sizes propagated using the wick hydroponic system in 2002, spring cropping.

	Days to emergence	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)
Emergence rate (%)	-0.355*	0.732**	0.530**	0.763**	0.738**	0.762**
Days to emergence		-0.587**	-0.655**	-0.166	-0.306	-0.335*
Leaf length (cm)			0.935**	0.556**	0.817**	0.788**
Leaf width (cm)				0.367*	0.713**	0.652**
No. of stems /plant					0.681**	0.820**
Stem diameter (mm)						0.842**

	No. of tubers /plant	No. of seed tubers/plant	Average tuber weight(g/tuber)	Tuber yield /plant(g)	Seed tuber yield/10a(kg)	Marketable yield/10a(kg)	Total tuber yield/10a(kg)
Emergence rate (%)	0.584**	0.733**	0.658**	0.727**	0.804**	0.724**	0.836**
Days to emergence	-0.408**	-0.478**	-0.526**	-0.506**	-0.367*	-0.370*	-0.366*
Leaf length (cm)	0.715**	0.710**	0.658**	0.798**	0.733**	0.702**	0.756**
Leaf width (cm)	0.737**	0.646**	0.546**	0.746**	0.624**	0.618**	0.644**
No. of stems /plant	0.435**	0.657**	0.615**	0.655**	0.728**	0.636**	0.740**
Stem diameter (mm)	0.666**	0.807**	0.703**	0.834**	0.823**	0.784**	0.835**
Stem length (cm)	0.503**	0.745**	0.770**	0.798**	0.859**	0.796**	0.860**
No. of tubers /plant		0.807**	0.310	0.789**	0.630**	0.519**	0.686**
No. of seed tubers/plant			0.736**	0.970**	0.914**	0.832**	0.926**
Average tuber weight(g/tuber)				0.804**	0.843**	0.887**	0.804**
Tuber yield /plant(g)					0.945**	0.900**	0.950**
Seed tuber yield/10a(kg)						0.964**	0.995**
Marketable yield/10a(kg)							0.942**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

出現所要日數는 出現率 등의 生育形質과 株當塊莖數 등의 收量形質과 負의 相關을 보였으며, 특히 葉長(-0.587), 葉幅(-0.655), 株當중서수(-0.478), 塊莖平均重(-0.526), 株當塊莖收量(-0.506)과는 비교적 높은 負의 相關을 보였다. 그러나 塊莖數 등 괴경관련 형질은 出現率 등의 生育形質들과 대부분 높은 正의 相關을 보였다. 따라서 감자재배 시 浴光催芽 등의 방법으로 충분히 최아시켜 播種 후 出現期間이 짧아지도록 하는 것

이 수량에 좋은 영향을 줄 것으로 생각되었다.

總塊莖收量/10a은 出現率(0.836), 莖徑(0.835), 種薯規格薯數/株(0.926), 塊莖平均重(0.804), 株當塊莖收量(0.950), 種薯規格薯重/10a(0.995), 上薯重/10a(0.942)간에 매우 높은 유의한 正의 相關關係에 있었다.

Table 27에서 보는 바와 같이 봄재배시 회귀식에서 구한 최적의 종서크기는 株當塊莖數에 있어서는 34g정도의 종서크기가, 株當種薯規格薯數에 있어서는 42g정도가, 總塊莖收量에 있어서는 48g정도가 적당한 심지양액재배산 종서크기였다. 그리고 塊莖平均重, 株當塊莖收量, 種薯規格薯重/10a, 上薯重/10a 등의 형질은 종서크기가 무거울수록 직선적인 수량증가를 보였다.

Table 27. Significant regression equation with coefficients of determination relating tuber size and the agronomic traits and the calculated optimum tuber size for tuber yield traits.

Variables	Regression equations	r ² or R ²	Opti. tuber size
Emergence rate(%)	Y** = 51.699658 + 2.105396X - 0.023083X ²	0.8617	
Leaf length(cm)	Y** = 26.960693 + 0.328940X - 0.004193X ²	0.6563	
Leaf width(cm)	Y* = 18.273999 + 0.130677X - 0.001899X ²	0.3022	
No. of stems/plant	Y** = 1.292046 + 0.060023X - 0.000554X ²	0.8711	
Stem diameter(mm)	Y** = 7.609819 + 0.145795X - 0.001589X ²	0.8376	
Stem length(cm)	Y** = 17.678486 + 0.919075X - 0.009148X ²	0.9522	
No. of tubers/plant	Y* = 5.957346 + 0.129184X - 0.001902X ²	0.4021	34.0
No. of seed tubers/plant	Y* = 1.907055 + 0.077904X - 0.000933X ²	0.6901	41.8
Average tuber weight(g/tuber)	Y* = 28.525583 + 0.231392X	0.7231	
Tuber yield/plant(g)	Y* = 194.566130 + 1.957528X	0.4508	
Seed tuber yield/10a(kg)	Y** = 798.146778 + 22.324023X	0.6787	
Marketable yield/10a(kg)	Y** = 334.453576 + 12.715836X	0.6525	
Total tuber yield/10a(kg)	Y* = 670.516935 + 75.598429X - 0.786253X ²	0.8402	48.1

Independent variable is tuber sizes: under 1g= 1, 1~3g=2, 3~5g=4, 5~7g=6, 7~10g=8.5, 10~20g=15, 20~30g=25, 30~50g=40, 50~80g=65.

나. 가을재배 시험

가을재배시험은 심지재배산 1~50g무게의 종서를 크기별로 분류한 처리와 분무경산 종서 7, 15g무게의 처리 등 9처리를 두어 괴경의 생산성을 비교·검토하였다.

1) 생육형질

Table 28과 Fig. 15는 가을재배시 播種 70일 후의 심지 양액재배산과 분무경 양액 재배산 종서크기별 生育形質들에 대한 조사결과이다.

Table 28. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics and aeroponics on growth characters at 70 days after planting of 'Dejima' potato on the field in 2002, fall cropping.

Tuber sizes [†]	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)	Stem length (cm)	
Wick Hydroponics [‡]	1~3g	19.2	12.6	1.00	4.26	15.3
	3~5g	23.5	16.2	1.08	6.26	18.3
	5~7g	26.9	18.1	1.13	7.32	21.6
	7~10g	29.8	20.1	1.15	8.12	28.3
	10~20g	33.2	23.7	1.23	9.22	36.4
	20~30g	33.3	23.2	1.53	9.26	37.7
	30~50g	35.3	24.8	1.43	10.65	45.7
Aeroponics	7g	26.3	17.6	1.53	6.96	22.2
	15g	29.7	19.8	1.83	8.17	28.5
LSD 5%	4.1	3.1	0.24	1.28	6.5	

[†] Seed tuber used in this experiment was produced through wick hydroponic and aeroponic system in 2002, spring cropping.

[‡] Production system types of seed tubers used in this experiment.

葉長과 葉幅은 심지재배산과 분무경산에 관계없이 종서크기가 무거울수록 길이와 폭도 증가하는 경향을 보였고, 심지재배산 종서는 크기에 따라 葉長은 19.2~35.3cm과 葉幅은 12.6~24.8cm의 범위로 각각 16.2cm과 12.2cm의 큰 차이가 있었다.

株當莖數도 종서크기가 무거울수록 많은 결과를 보였으며, 심지재배산에 비해 분무경산 씨감자의 株當莖數가 많은 경향이였다.

莖徑도 株當莖數와 비슷한 결과를 보여 종서크기가 클수록 莖徑이 두꺼워져 1~3g

중서크기는 4.26mm였으나 30~50g 중서크기에서는 10.65mm로 6.4mm 정도의 큰 차이를 보였다. 분무경산도 중서크기가 클수록 커져 6.96~8.17mm의 범위에 있었으며, 분무경산 7g 중서크기는 심지재배산 5~7g이, 분무경산 15g 중서크기는 심지재배산 7~10g의 중서크기와 비슷한 두께를 보였다.

莖長도 심지재배산과 분무경산 씨감자의 크기가 무거울수록 길어지는 결과를 보였으며, 심지재배산 10g이상인 중서크기는 36.4~45.7cm를, 5~10g은 21.6~28.3cm, 5g미만의 중서는 15.3~18.3cm의莖長을 보였고, 분무경산 7, 15g중서크기는 각각 22.2와 28.5cm의 길이를 보였다.

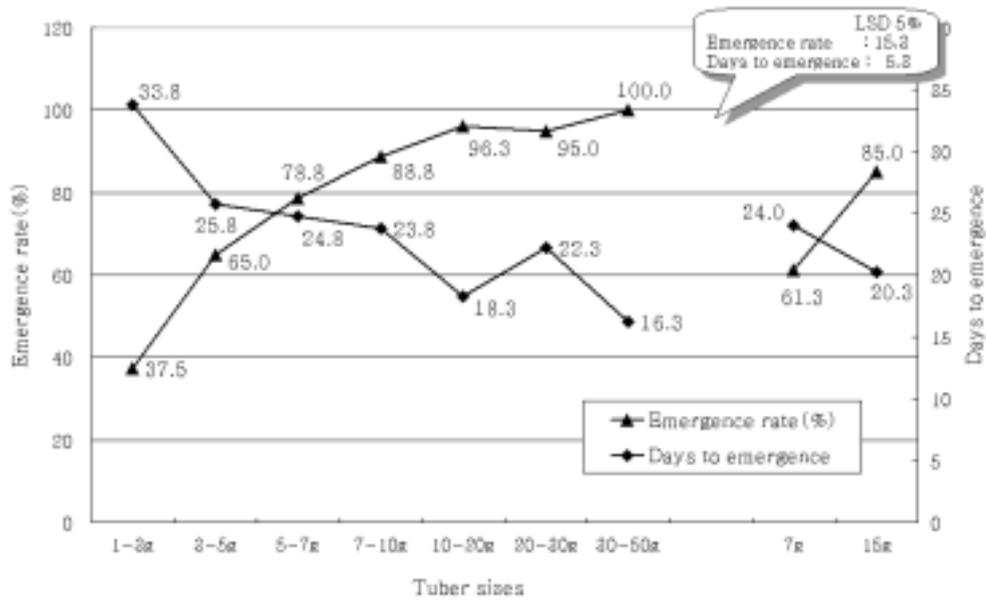


Fig. 15. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponic and aeroponic systems on emergence rate and days to emergence at 70 days after planting on the field.

出現率은 5~10g 사이의 심지 양액재배산 중서 크기는 78.8~88.8%의 범위를 보였으나, 분무경산(7~15g)은 61.3~85% 범위의 出現率을 보여 심지재배산 중서가 분무경 양액재배산 중서보다 포장에서의 적응성이 높은 것으로 보인다. 出現所要日數는 대체로 껍질의 크기가 클수록 소요일수가 짧아지는 경향이었는데, 심지재배산 30~

50g 크기는 16일 정도가 소요됐으나 1~3g 크기는 34일 정도가 걸렸고, 분무경 양액 재배산 종서 15g 크기는 20일이 걸렸으나 이보다 가벼운 7g 종서크기는 24일 정도가 소요되었다(Fig. 15).

2) 수량형질

Table 29는 播種 92일 후의 심지재배산과 분무경산 종서크기별 收量性을 調査한 결과이다.

Table 29. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics and aeroponics on growth characters at 92 days after planting of 'Dejima' potato on the field in 2002, fall cropping.

Tuber sizes [†]	No. of tubers /plant	Average tuber weight(g/tuber)	Tuber yield /plant(g)	Marketable yield/10a [‡] (kg)	Total tuber yield/10a(kg)	
1~3g	2.03	31.1	63.2	73.3	200.7	
3~5g	3.13	42.2	134.5	333.5	622.0	
Wick 5~7g	3.36	43.6	149.1	416.5	849.1	
Hydro-ponics	7~10g	4.04	53.7	226.6	865.6	1,495.3
	10~20g	4.60	79.2	350.2	1,725.3	2,408.9
	20~30g	4.81	74.4	355.4	1,681.6	2,427.6
	30~50g	5.26	91.8	483.7	2,748.1	3,454.9
Aeroponics	7g	4.25	49.3	207.3	446.9	910.3
	15g	5.40	57.3	309.2	942.9	1,866.7
LSD 5%	1.02	19.6	85.4	560.7	640.3	

[†] See Table 33.

[‡] Over 80g tuber yield per 10a.

株當塊莖數는 3g이상 종서크기에서 3.1~5.3개의 사이에 있었으며, 종서크기가 증가할수록 塊莖數도 증가하였고, 塊莖平均重은 종서크기가 증가할수록 31.1g에서 91.8g으로 무거워지는 경향이었으며, 분무경산 종서도 씨감자의 크기가 무거울수록 증가하였다. 심지재배산 1~3g과 일반씨감자에서의 적당한 크기인 심지재배산 30~50g처리 간에는 塊莖平均重이 약 3배 정도의 큰 차이가 있었고, 3~10g종서크기의 사이는 42.2~53.7g, 10g이상의 종서크기에서는 74.4~91.8g의 분포를 보였다.

株當塊莖收量은 1~3g종서크기는 63.2g, 7~10g 종서크기는 226.6g, 30~50g 종서크

기는 483.7g으로 종서크기가 증가할수록 株當塊莖收量도 증가하는 결과를 보였고, 분무경산 종서도 크기가 증가할수록 207.3g에서 309.2g으로 증가하였다.

株當 種薯規格薯數도 종서크기가 1~3g일 때는 0.7개이던 塊莖數가 7~10g일 때는 2.6개로, 30~50g일 때는 3.9개로 증가하였고, 분무경산 종서도 7g일 때는 2.5개 이던 塊莖數가 15g일 때는 3.9개로 크게 증가하였다.

10a당 種薯規格薯重은 심지재배산인 경우, 7g크기이상인 종서는 1,300kg~2,800kg의 종서 수량성을 보였고, 그 미만인 종서크기는 700kg정도 이하의 수량성을 보였다. 분무경산은 700~1,700kg정도의 수량을 보였으며, 심지재배산과 분무경산 모두 씨감자의 크기가 증가할수록 종서수량도 증가하였다.

10a당 上薯重은 7g미만의 종서크기는 420kg정도 이하의 상서수량을 보였고, 7~10g 사이의 종서크기는 870kg정도, 10~30g의 종서크기는 1,700kg내외를, 30~50g의 종서크기는 2,700kg의 上薯重을 보여 씨감자의 크기가 증가할수록 上薯重도 크게 증가하였고, 분무경산도 450~940kg정도의 상서수량을 보여 크기가 무거울수록 수량도 많았다.

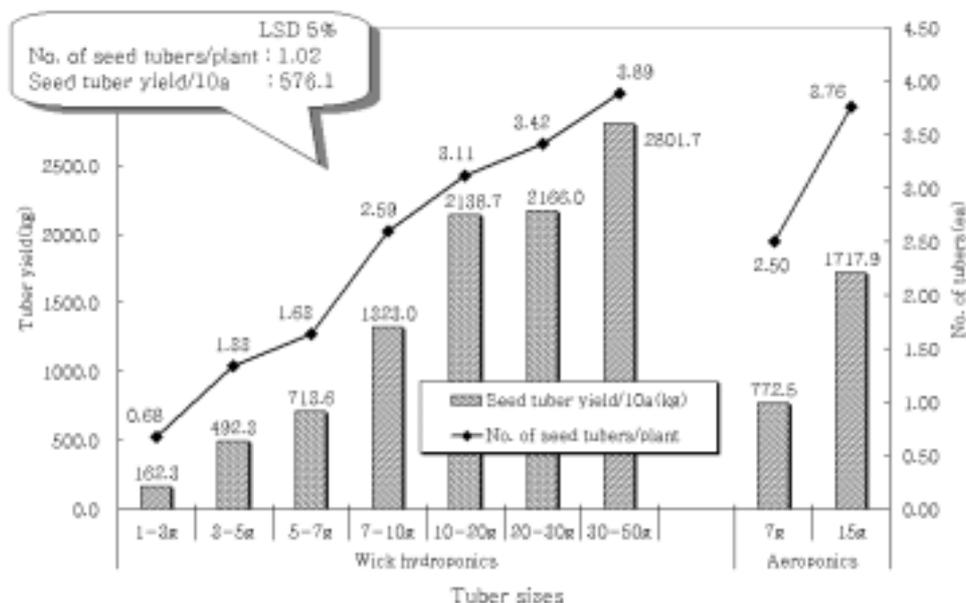


Fig. 16. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics and aeroponics on growth characters at 92 days after planting on the field in 2002, fall cropping. Seed tuber yield; 30~250g tuber yield available as a seed tuber.

10a당 總薯重은 중서크기가 클수록 수량도 200kg에서 3,500kg로 크게 증가하였고, 심지재배산 7g 이상 중서크기는 1,500kg의 수량을 보여 분무경산 7g처리 910kg보다 60%정도 總薯收量이 더 많았으며, 5~7g중서크기 처리는 849kg으로 분무경산 7g처리와 큰 차이가 없었다.

심지재배산 씨감자는 크기가 10g 이상이면 포장재배에서 出現率 등의 生育形質들과 塊莖數, 株當塊莖收量, 중서규격수량, 總薯收量 등의 수량성에서 양호하여 일반중서와 같은 관리만으로도 재배가 가능할 것으로 생각되며, 5~10g사이에 있는 심지 양액재배산 씨감자는 莖徑에서만 분무경산 중서보다 낮을 뿐 그 외의 生育形質과 收量形質들에 있어서는 분무경산 7g과 15g의 중서와 비교하여 차이가 없었다.

가을재배시 심지 양액재배산 중서의 등급별 수량분포를 Table 30에 나타내었는데, 대체적으로 중서크기가 클수록 각 등급별 수량도 높았다. 심지재배산 중서와 분무경산 중서는 대부분 80~150g사이의 등급수량에서 높은 수량성을 보였고 심지재배산 10~20g중서크기에서만 81~150g등급보다 151~250g등급수량이 약간 더 높았다.

Table 30. Yield distribution by class of potato tubers produced on the experiment field as affected by tuber size at 92 days after planting in 2002, fall cropping.

tuber sizes	Tuber yield (kg/10a)							Rate of seed tuber yield(%)	
	Under 30g	31~50g	51~80g	81~150g	151~250g	Over 251g	Total		
	1-3g	38.4	55.9	33.1	7.3	66.0	0.0	200.7	80.9
	3-5g	104.8	77.1	106.6	229.4	79.3	24.9	622.0	79.2
Wick	5-7g	135.5	111.8	185.3	328.1	88.4	0.0	849.1	84.0
Hydro-ponics	7-10g	121.4	201.7	306.7	602.8	211.9	50.9	1,495.3	88.5
	10-20g	141.9	175.8	366.0	743.8	853.1	128.3	2,408.9	88.8
	20-30g	131.5	203.9	410.6	998.8	552.7	130.0	2,427.6	89.2
	30-50g	96.5	229.5	380.8	1308.8	882.7	556.7	3,454.9	81.1
Aeroponics	7g	109.7	154.4	199.3	307.1	111.7	28.1	910.3	84.9
	15g	148.8	281.7	493.3	610.7	332.2	0.0	1,866.7	92.0
LSD 5%		53.5	89.0	170.2	334.7	295.6	161.4	640.3	NS

심지재배산 종서는 30~50g처리만 30g이하의 등급수량에 비해 251g이상의 등급수량이 높았을 뿐, 이를 제외한 나머지 종서크기 처리들은 30g미만인 屑薯重이 251g이상 등급수량에 비해 보다 높아 괴경비대가 충분히 이루어지지 못한 것으로 생각되었고 분무경산도 마찬가지로의 결과를 보였다. 이것은 종서무게가 가벼울수록 出現期間이 길어져 결과적으로 생육이 지연되어 괴경비대가 불량해진 것으로 생각되었고, 이는 종서크기가 가벼울수록 그런 경향이 심해졌다. 심지재배산 씨감자의 31~250g 사이의 괴경인 종서규격서는 總薯重의 79.2~89.2% 범위의 비율을 보였으며, 분무경산 씨감자는 84.9~92.0%의 5g이상 괴경비율을 보였다. 그러나 종서규격서율은 종서크기가 무거울수록 대체로 증가하는 경향을 보였으나 처리에 따른 유의성은 없었다.

3) 형질간의 상관과 회귀

Table 31. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the experiment field treated several tuber sizes propagated using the wick hydroponic and aeroponic system in 2002, fall cropping.

	Days to emergence	Leaf length(cm)	Leaf width(cm)	No. of stems/plant	Stem diameter(mm)	Stem length(cm)
Emergence rate (%)	-0.811**	0.901**	0.887**	0.040**	0.903**	0.819**
Days to emergence		-0.866**	-0.856**	-0.457**	-0.857**	-0.771**
Leaf length (cm)			0.981**	0.425**	0.969**	0.917**
Leaf width (cm)				0.375**	0.956**	0.912**
No. of stems /plant					0.451**	0.405**
Stem diameter (mm)						0.899**

	No. of tubers /plant	No. of seed tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Tuber yield/plant (g)	Seed tuber yield/10a (kg)	Marketable yield/10a (kg)	Total tuber yield/10a (kg)
Emergence rate(%)	0.706**	0.786**	0.725**	0.769**	0.822**	0.723**	0.809**
Days to emergence	-0.724**	-0.820**	-0.765**	-0.796**	-0.789**	-0.713**	-0.784**
Leaf length (cm)	0.763**	0.891**	0.855**	0.883**	0.896**	0.814**	0.882**
Leaf width (cm)	0.721**	0.860**	0.894**	0.900**	0.908**	0.856**	0.901**
No. of stems /plant	0.756**	0.726**	0.323*	0.538**	0.523**	0.352**	0.481**
Stem diameter (mm)	0.808**	0.897**	0.850**	0.915**	0.918**	0.854**	0.917**
Stem length (cm)	0.722**	0.833**	0.815**	0.882**	0.913**	0.861**	0.906**
No. of tubers /plant		0.919**	0.564**	0.806**	0.785**	0.641**	0.770**
No. of seed tubers/plant			0.783**	0.914**	0.905**	0.775**	0.878**
Average tuber weight(g/tuber)				0.924**	0.907**	0.930**	0.911**
Tuber yield /plant(g)					0.980**	0.959**	0.986**
Seed tuber yield/10a(kg)						0.955**	0.992**
Marketable yield/10a(kg)							0.976**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively

형질간의 相關關係를 나타낸 Table 31에서 보면, 모든 형질 간에는 1% 수준에서 유의한 相關關係를 보였으며, 相關程度도 대체로 높은 편이었다. 出現所要日數는 葉長 등의 生育形質 간과 株當塊莖數 등의 收量形質 간에 매우 높은 負의 相關이 인정되었으며, 株當莖數(-0.457)를 제외하고는 相關程度도 높았다.

株當種薯規格薯數도 出現率(0.786), 葉長(0.891), 葉幅(0.860), 株當莖數(0.726), 莖徑(0.897), 莖長(0.833) 등의 生育形質과 높은 相關程度를 보였으며, 出現所要日數(-0.820)와는 높은 負의 相關關係를 보였다.

總薯重/10a과 出現率(0.809), 葉長(0.882), 葉幅(0.901), 莖徑(0.917), 莖長(0.906), 種薯規格薯數/株(0.878), 塊莖平均重(0.992), 上薯重/10a(0.976) 간에도 매우 높은 正의 相關關係를 보였고, 出現所要日數(-0.784)와는 높은 負의 相關을 보였다.

Table 32에서 보는 바와 같이 회귀식에 의해 구한 가을재배시 적당한 종서크기는 塊莖數에 있어서는 32g정도가 적당하고 種薯規格薯重/10a은 35g, 總塊莖收量/10a은 40g정도로 종서생산용으로 알맞은 크기는 30~40g으로 분석되었다. 그리고 上薯重/10a은 심지 양액재배산 종서크기가 클수록 직선적으로 증가하였다.

Table 32. Significant regression equation with coefficients of determination relating tuber size and the agronomic traits and the calculated optimum tuber size for tuber yield traits.

Variables	Regression equations	r ² or R ²	Opti. tuber size
Emergence rate(%)	$Y^{**}=45.309552+4.501280X-0.080790X^2$	0.7800	
Days to emergence	$Y^*=30.967848-0.840184X+0.012572X^2$	0.7047	
Leaf length(cm)	$Y^{**}=19.364918+1.140952X-0.019040X^2$	0.8999	
Leaf width(cm)	$Y^{**}=12.687785+0.867123X-0.014498X^2$	0.9032	
No. of stems/plant	$Y^{**}=1.044121+0.012350X$	0.7825	
Stem diameter(mm)	$Y^{**}=4.720663+0.360467X-0.005500X^2$	0.8691	
Stem length(cm)	$Y^{**}=12.774681+1.726433X-0.023159X^2$	0.9584	
No. of tubers/plant	$Y^{**}=2.153583+0.204051X-0.003239X^2$	0.9103	31.5
No. of seed tubers/plant	$Y^{**}=0.538135+0.212498X-0.003286X^2$	0.9435	32.3
Average tuber weight(g/tuber)	$Y^{**}=27.278785+3.464816X-0.047717X^2$	0.9236	
Tuber yield/plant(g)	$Y^{**}=45.677666+21.057456X-0.261161X^2$	0.9514	40.3
Seed tuber yield/10a(kg)	$Y^{**}=-63.740884+160.102186X-2.267598X^2$	0.9516	35.3
Marketable yield/10a(kg)	$Y^{**}=152.366710+67.436349X$	0.9210	
Total tuber yield/10a(kg)	$Y^{**}=23.770147+164.892028X-2.047714X^2$	0.9490	40.3
Rate of marketable yield(%)	$Y^*=30.629439+2.968501X-0.045806X^2$	0.8919	

Independent variable is tuber size:1~3g=2, 3~5g=4, 5~7g=6, 7~10g=8.5, 10~20g=15, 20~30g=25, 30~50g=40.

4. 고찰

심지재배산 종서의 생산성 검정을 위해 2002년 봄과 가을, 2회에 걸쳐 종서크기별로 분류하여 시험을 수행한 결과, 봄재배에서는 5g이상의 심지재배산 종서크기가 株當莖數(1.7개)와 莖徑(9.2mm) 그리고 莖長(24.8cm) 등에서 그 이하크기의 처리보다 양호하였고, 收量形質 중에서 株當塊莖數(8.4개), 塊莖平均重(32.9g), 種薯規格薯數(3.1개), 種薯規格薯重/10a(1,770kg), 總薯重/10a(2,300kg) 등에서 5g미만의 종서크기와 처리차가 컸다.

그러나 전체적인 수량, 특히 上薯重은 50~80g종서크기처리를 제외하고는 1,000kg

의 수량도 되지 않았다. 이렇게 수량성이 낮았던 이유는 제주지역의 주재배품종인 대지는 중만생 계통으로서 충분한 생육기간 확보가 필수적인데, 제주지역의 장마개시기가 6월 20일로서 최소한의 생육기간인 90일을 확보하기 위해서는 늦어도 3월 20일 이전에는 播種하여야 하며, 제주지역에서의 봄재배 播種은 2월 하순에서부터 3월상순이 播種적기이다. 그러나 포장생산성 검토시험이 이루어진 곳은 해발고가 277m인 곳으로 야간 최저기온으로 인해 播種이 늦어질 수밖에 없는 지역에서 생육기간의 확보를 위해 3월 11일에 播種하였다. 이로 인해 가을재배에 비해 봄재배시의 出現所要日數가 길어지는 결과를 초래하였고, 이는 괴경비대를 위한 충분한 일수확보가 부족하게 되어 가을재배에 비해 種薯規格薯重, 上薯重, 總薯重 등의 수량이 떨어진 것으로 생각된다. 이러한 봄재배시의 문제점에 대해 김 등(1993)은 우리나라 봄감자의 영양생장 및 괴경이 급속히 비대되는 생육초기부터 중기에는 토양이 건조하여 旱魃被害가 크고, 성숙하는 6월은 장마가 시작되는 계절이므로 浸水の 위험성이 크며, 대지품종과 같이 春作에서 수확된 塊莖을 秋作에 종서로 이용하는 경우 성숙기의 침수가 괴경의 품질이나 저장성에 큰 영향을 미치게 된다고 하였다. 그리고 감자의 전체 생육기간동안의 要水量은 생육기간에 따라 다르나 株當 100~200ℓ가 필요하고 강수량은 400~800mm 정도인데(Haverkort, 1982), 봄재배시 강수량은 평년에 비해서도 약간 낮은 245.1mm 정도로 크게 적었고 가을재배시의 강수량 475.8mm에 비해서도 적어, 가을재배에 비해 봄재배가 수량성이 낮은 것으로 생각되었다. 그리고 봄재배기간의 일조시수는 평년에 비해 낮은 편이나 가을재배기간은 平年과 本年의 일조시수가 비슷하였고, 봄재배기간의 일조시수가 가을재배기간에 비해 많았으나, 봄재배시 괴경형성기와 비대기간의 일조시수가 평년에 비해 낮아 괴경비대에 불량한 조건으로 작용한 것으로 생각된다. 田口(1957)도 8년간 100품종에 대한 주요형질의 表現性을 검토한 결과, 株當莖數와 塊莖收量은 연차간 변이가 크고 개화일수와 전분가는 변이가 작은 형질이었으며, 최종수량은 기본적으로 塊莖肥大開始期, 肥大率, 肥大期間에 의해서 좌우되며, 특히 비대기간의 기상요인에 의해서 최종수량이 큰 차이가 있다고 하였다.

또한 본 연구에서 자료로 제시하지는 못했으나 가을재배시 주변포장에 같은 시기에 播種된 일반씨감자는 播種후 90일 정도가 경과되었을 때 황엽기에 도달하였으나, 심지재배산 50~80g 크기의 종서는 약 20% 정도밖에 도달하지 못하고 종서크기가 50g

크기이하인 나머지 시험구 처리들은 황엽기에 접어들지도 못한 것으로 보아 생육기간이 10~20일 정도 더 소요되는 것으로 보였는데, 이는 出現所要日數가 길어졌기 때문에 생육기간이 연장된 것으로 생각되었으며, 심지재배산 종서의 크기별 생육기간에 대한 조사가 필요할 것으로 판단되었다.

가을재배에서는 분무경산 7g과 비슷한 생육과 수량성을 보인 심지재배산 종서크기는 5~7g종서크기로 심지재배산 5~7g크기가 분무경산 7g크기보다 出現率(78.8%)은 높았으며 출현일수(23.8일), 葉長(26.9cm), 葉幅(18.1cm) 등은 비슷하였고 株當莖數(1.13개)는 적었으나 莖徑(7.32mm)은 두꺼웠다. 수량성에 있어서도 株當塊莖數(3.36개), 株當種薯規格薯數(1.63개), 塊莖平均重(43.6g), 株當薯重(149.1g) 등의 형질에서는 낮았으나 種薯規格薯重/10a(713kg), 上薯重/10a(417kg)과 總薯重/10a(849g) 등은 비슷한 결과를 보였으며 이 두 처리 즉, 심지재배산 5~7g과 분무경산 7g종서크기 간에는 통계적인 유의한 차이도 없었다. 이렇게 분무경산 종서(7g)보다 심지재배산 종서(5~7g)가 더 가벼울지라도 비슷한 결과를 보였던 데에는 분무경산 종서가 생산과정에서 생육기간 내내 수분과 접촉하게 되고 이러한 과습으로 인한 피목비대와 양분의 직접적인 공급 즉, 多肥栽培한 결과로 포장에서의 出現率 등 입모율이 떨어졌는데 반해 적절한 양수분의 공급을 유지할 수 있는 심지양액재배를 이용하여 생산된 종서가 포장에서의 적응성이 더 높았던 것으로 생각된다. 이는 성숙기의 토양과습이 저장성 등 괴경품질에 나쁜 영향을 준다는 보고(東海林, 1941)와 괴경성숙기에는 지상부의 증산작용이 감소되고 수분이 크게 필요치 않은 시기이므로 수분스트레스는 오히려 괴경성숙을 촉진시키며, 건물율을 증대시키고 還元糖含量을 저하시켜 괴경의 품질이 향상된다는 보고(Iritani, 1981; Jefferies & Mackerron, 1987)와도 비슷하였다.

따라서 봄과 가을재배시험 결과를 종합하여 판단하면, 심지재배산 10g 종서크기 이상은 봄재배에서 10a當 種薯規格薯重이 1,693kg, 總薯重이 2,038kg을 보였고, 가을재배에서는 각각 2,139kg과 2,409kg의 수량을 보였으며 出現率 또한 봄재배 90% 내외를, 가을재배 95% 이상을 보여 포장적응성과 생산성이 높아 일반 관행재배와 같이 재배하여도 지장이 없을 것으로 생각되었다. 그리고 가을재배시험결과 심지재배산 5~10g사이의 종서크기도 분무경산 7g과 15g크기의 종서와 비교하여 경직경만이 분무경산 종서에 비해 떨어졌을 뿐 그 외의 生育形質과 收量形質들에 있어서는 비슷한 결과

를 보여 심지재배산 5g크기이상의 괴경은 망실시설 내 또는 노지포장에서의 종서생산에 충분히 이용가능할 것으로 판단되었다. 다만 봄재배시의 出現率 62~70%과 가을재배시의 出現率 79~89% 보다 더 높일 수 있는 최이나 육묘방법을 통해 포장에서의 입모율을 높여야 할 것으로 생각된다.

그리고 봄재배와 가을재배 모두 괴경의 크기가 클수록 生育形質이나 收量形質 모두 양호한 결과를 보였는데, 이것은 播種時 괴경의 저장양분이 충분하며 입모율이 높고 초기 생장이 양호하기 때문으로 생각된다. 김(1997)도 분무경산 씨감자의 크기가 클수록 초장, 莖徑 및 잎의 크기도 양호하여 씨감자의 자체 양분량이 초기생육에 큰 영향을 미친다고 하였다.

심지양액재배산 종서의 크기별 봄재배와 가을재배시 포장생산력 검정시험결과 10a當 總薯重에 있어서 가을재배가 봄재배에 비해 높았고, 등급별수량에 있어서도 종서중과 上薯重이 가을재배가 높았다. 이는 봄재배시의 出現率이 가을재배보다 낮았고, 出現所要日數는 길어졌기 때문으로 보인다.

결론적으로 노지포장에서의 봄재배와 가을재배를 통해 심지재배산 씨감자의 생육과 수량성 등의 형질에 크게 지장이 없이 망실 또는 일반포장 재배시에 씨감자로 이용할 수 있는 최소의 크기는 5g정도의 무게는 되어야 할 것이라고 생각된다.

5. 요약

심지양액재배산 종서의 크기별 봄재배 생산력 검정시험결과, 生育形質인 株當莖數, 莖長, 莖徑은 심지재배산 종서크기가 클수록 증가하는 경향이였다. 10a當 種薯規格薯重과 總薯重은 종서크기가 증가할수록 대체로 증가하는 경향을 보여 5g이상의 종서크기에서 각각 897.0~2,017.1kg과 1,193.1~2,360.4kg 정도의 수량을 얻었고, 5g미만의 종서크기는 각각 500kg과 700kg 이하의 수량을 보였다

가을재배 생산력 검정시험 결과, 出現率은 종서크기가 무거워질수록 높아졌고, 出現所要日數는 줄어드는 경향을 보였으며 분무경산 7g크기보다 심지재배산 5~7g크기가, 분무경산 15g크기보다 심지재배산 7~10g크기가 出現率이 더 높았다.

株當種薯規格薯數도 종서크기가 1~3g일 때는 0.68개이던 塊莖數가 7~10g일 때는 2.59개로, 30~50g일 때는 3.89개로 증가하였고, 분무경산 종서도 7g일 때는 2.50개였

던 塊莖數가 15g일 때는 3.76개로 크게 증가하였다.

10a當 種薯規格薯重은 심지재배산인 경우, 10g크기 이상인 종서는 2,139~2,802kg, 5~10g사이 종서크기는 714~1,323kg의 수량성을 보였으며, 그 이하인 종서크기는 500kg이하의 수량성을 보였다. 분무경산 종서는 773~1,718kg의 수량을 보였는데, 분무경산 7g크기와 비슷한 수량성을 보였던 처리는 심지재배산 5~7g종서크기로서 713kg의 수량을 얻었다. 심지재배산과 분무경산 모두 씨감자의 크기가 증가할수록 종서수량도 증가하였다.

10a當 總薯重은 종서무게가 클수록 수량도 201kg에서 3,455kg로 크게 증가하였고 심지재배산 5~7g의 종서크기는 849kg의 수량을 보여, 분무경산 7g처리 910kg과 비슷한 수량을 나타냈다.

심지재배산 씨감자의 크기별 종서생산성을 봄과 가을재배를 통해 검토한 결과, 포장재배시 종서생산에 사용이 가능한 최소한의 종서크기는 5g이상이어야 할 것으로 판단된다.

제8절 감자 심지재배 종서의 경제적생산을 위한 양분공급 방법 개선

1. 서론

순환식 양액재배 시스템은 환경오염을 줄이고 자원을 절약할 수 있는 방식 (Adams, 1992; Caspersen 등, 1999; van Os, 1995; van Weel 등, 1992)이지만 배지나 양액을 폐기하지 않고 재사용함으로써 병충해가 시스템 전반으로 확산될 위험이 크며 (Thinggaard & Anedrsen, 1995), 당초의 양액조성이 달라져 작물을 장기재배할 경우 특정 무기이온의 축적이나 부족이 초래되어 영양과잉이나 결핍이 발생할 수도 있는데 (Nukaya 등, 1992; Zekki 등, 1996), 이러한 양액 내 성분 조성의 불균형은 작물의 양수분 흡수 특성, pH, 삼투압, 뿌리로부터 방출되는 유기산 등의 영향을 받아 양액조성과 다른 비율로 양수분을 흡수하기 때문으로 알려져 있다.

심지재배에 있어서 양액을 통한 식물체로의 양분공급은 필요이상의 비료염이 배지로 이동될 수 있으며, 식물체에 의해서 흡수되지 못한 양분은 그대로 배지에 축적된다. 이렇게 축적된 비료염은 수확이 끝난 후 세척 등의 방법으로도 제거하기가 쉽지 않고, 이로 인해 배지의 재사용에 있어서도 문제가 된다. 식물체의 뿌리가 심지에 부착되는 원인 중의 하나가 심지에 식물이 필요로 하는 양분이 함유되어 있기 때문이기도 하므로, 감자의 생육기간 동안 필요한 양분을 공급해 줄 수 있는 완효성비료를 배지층진 작업시 함께 제공해주면 식물체가 필요로 하는 양만큼의 양분을 공급하게 되어 심지재배시 과다한 양분의 공급과 이로 인한 비료염의 축적 등을 줄일 수 있을 것으로 사료되어진다. 따라서 본 연구에서는 심지를 이용하여 비료염을 직접 원수에 녹여 양액을 식물에 공급할 경우 심지가 양분을 함유하게 되므로써 식물체의 뿌리가 심지에 부착되어 농작업을 어렵게 하고, 또한 지속적인 양분의 흡수로 인해 상토에 염이 축적되어 배지의 재활용에 문제가 되므로 상토 조제시 몇가지 완효성비료와 단비를 사용하여 심지재배시 경제적인 재배법을 검토하고자 시험하였다.

2. 재료 및 방법

시험처리는 대조구인 양액처리(Table 1), 단비(N:P:K=15:10:12kg/10a)처리, 폴리스티렌상자(0.032m³)당 마갑프케이 47, 94g, 멀티코트 40, 60, 100g, 오스모코트 40, 80g의 완효성비료처리 등 9처리를 난괴법 4반복으로 배치하였다. 단비와 완효성비료 처리구의 시스템은 수돗물을 베드내로 흐르게 하여 심지는 단지 수분만을 흡수하는 기능을 하도록 하였다.

시험에 사용한 단비와 완효성비료에 대한 성분조성은 Table 33에 나타내었고, 단비는 제주지역 가을감자 재배시 권장량을 기준하여 시비량을 결정하였으며, 요소와 염화加里 그리고 용성인비를 사용하였다. 그리고 단비와 완효성비료성분 이외의 부족한 양분은 Table 1에서 제시된 양액에 준하여 3회에 걸쳐 관주하여 공급하였다.

播種은 2002년 9월 11일에 같은 해 봄작기에 생산된 분무경산 7g 크기의 종서를 폴리스티렌 상자당 9주씩 재식하였다. 심지는 폴리스티렌상자 당 8개를 꽂아 상자의 밑면에 놓혀 설치하였고, 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 혼합상토를 20ℓ씩 충전하여 재배하였다. 생육과 收量形質에 대한 조사는 播種 70일 후에 生育形質에 대하여, 91일 후에 수확하여 收量形質 등의 특성에 대한 조사를 실시하였다.

Table 33. Composition of single element fertilizer and controlled release fertilizers used for this experiment[†].

Fertilizers	Total N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Recommended rate			Longevity
					Light feed crops	Middle feed crops	Heavy feed crops	
Single element fertilizer [‡] (kg/10a)	15	10	12	-	-	-	-	-
Osmocote [§] (%)	15	11	13	2.0	1.5~2.0kg/m ³	-	2.0~4.0	3~4 months at 21°C
Multicote [¶] (%)	12	5	20	2.0	1.8~2.0g/ℓ	3.0~3.5	4.5~5.0	4 months at 21°C
Magamp K [Ⓢ] (%)	6	40	6	15	Vegetables: 300g/m ³			1~2 year

[†] Lack of nutrients were supplied three times by fertigation as showed in Table 1.

[‡] Standard fertilizer level for potato cultivation at fall cropping in Jeju province.

[§] Osmocote[Ⓢ]Plus manufactured in the Netherlands by Scotts international B.V., professional business group, and contains Fe 0.40, Mn 0.06, B 0.02, Zn 0.015, Cu 0.05, Mo 0.02%; Multicote[¶]4 manufactured in Israel by Haifa Chemicals Ltd.; Magamp[Ⓢ]K made in U.S.A. by ハイポックスジャパン.

3. 결과

심지를 이용한 양액재배시스템은 ‘ㄷ’자형의 성형베드를 이용하여 양액이 일정한 깊이로 흐르게 제조하여, 심지를 양액이 흐르는 베드로 늘여 뜨리고 이 심지를 통해 배지로 양수분이 흡수되게 하였는데, 이와 같이 양액을 심지를 통해 식물체가 흡수하게 되면 필요이상의 양액이 공급될 수 있고, 식물의 양분흡수에 맞는 선택흡수가 이루어지고 남은 성분은 배지 내에 집적될 가능성이 많다. 그리고 심지에 뿌리가 부착되는 원인중의 하나도 심지에 식물이 필요로 하는 양분이 함유되어 있기 때문이라고 생각되는데, 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 하나로서 질소, 인산, 가리의 단용비료와 몇 가지 완효성비료에 대해 펠라이트 혼용배지에 시비하여 시험하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

가. 생육형질

심지재배시 질소, 인산, 가리의 단용비료와 오스모코트 등 몇 가지 완효성비료를 펠라이트 혼용배지에 시비하여 播種 70일후의 生育形質에 대한 조사결과(Table 34)를 보면, 씨감자의 최야상태가 균일한 분무경산 7g정도의 소괴경을 播種하였기 때문에 出現이 양호하였으며, 대조구로 배치한 양액공급 처리구가 대부분의 生育形質이 우수한 결과를 보였다.

葉長은 양액공급처리가 30cm로 가장 길었고, 그 다음은 폴리스티렌 상자당 멀티코트(Multicote) 100g이 26.3cm, 오스모코트(Osmocote) 80g이 25.7cm의 순으로 길었다. 또한 완효성비료를 증시할수록 葉長도 증가하는 경향이었으며, 葉幅은 양액공급과 멀티코트 60g 처리가 20cm 이상을 보였다.

葉重도 양액공급처리가 8.9g으로 가장 무거웠으며, 완효성비료 중에서는 멀티코트 100g과 오스모코트 80g이 각각 5.7g과 5.5g으로 무거웠고, 단비처리가 가장 가벼웠다.

株當莖數는 2.0~1.4개의 범위에 있었는데, 처리간에 유의한 차이는 없었다.

莖徑은 양액공급처리가 가장 두꺼웠으며, 완효성비료 중에서는 멀티코트 100g처리가 두꺼웠고, 마감프케이(Magamp K) 47g처리가 가장 가늘었다.

Table 34. Effect of single element fertilizer, nutrient solution and several controlled release fertilizers treated in wick systems on growth characters at 70 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponics

Fertilizers	Emergence rate(%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)
Nutrient solution [†]	100	30.0	22.6	8.9	1.36	6.32
Single element fertilizer [†]	100	21.4	14.6	3.2	2.00	5.45
Multicote [§] 40g [‡]	100	22.0	15.3	3.8	1.58	5.41
Multicote 60g	100	25.2	23.5	5.1	1.39	5.75
Multicote 100g	100	26.8	18.5	5.7	1.89	6.17
Osmocote 40g	100	22.1	14.2	3.8	1.56	5.33
Osmocote 80g	100	25.7	17.4	5.5	1.50	5.70
Magamp K 47g	100	20.8	14.1	3.3	1.69	4.66
Magamp K 94g	100	22.4	14.9	3.8	1.53	5.37
LSD 5%	-	2.2	6.8	1.39	NS	0.55

[†] Seed tubers used in this experiment were 7g mini-tubers produced through aeroponics in 2002, spring cropping.

[‡] See Table 33 for explanation of nutrient solution composition.

[§] Controlled release fertilizers; See Table 2 for explanation of fertilizer features.

[‡] Controlled release fertilizer rate per polystyrene box.

莖長(Fig. 17)은 양액공급을 한 처리가 51.8cm, 멀티코트 100g이 45.6cm, 오스모코트 80g처리가 43.3cm의 순으로 길었으며, 완효성비료를 증시한 경우의 莖長도 유의하게 늘어나는 경향을 보였다.

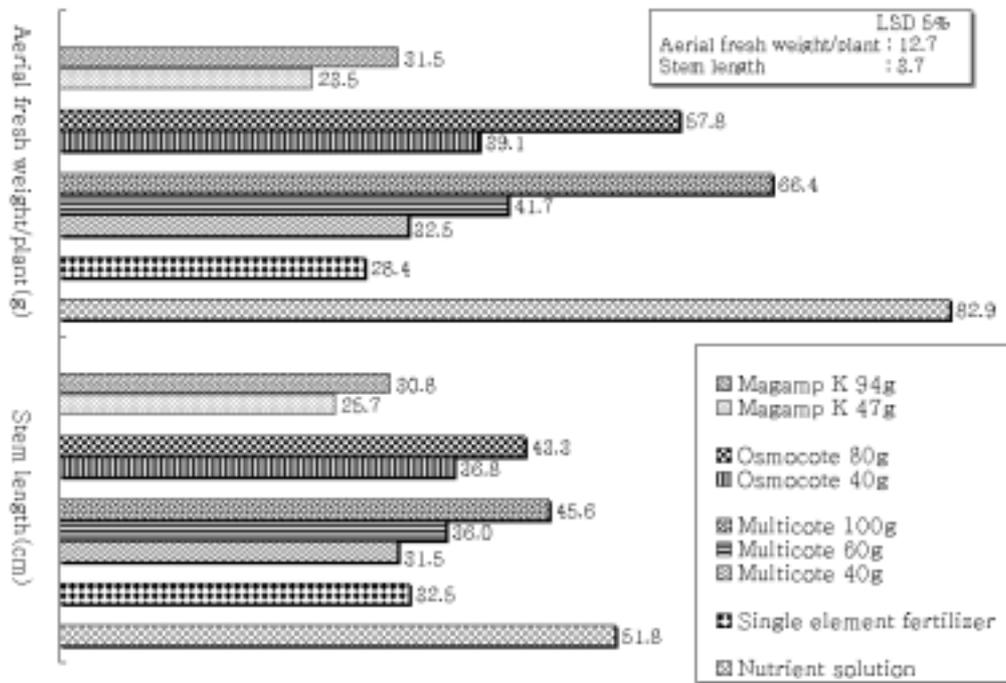


Fig. 17. Effect of single element fertilizer, nutrient solution and several controlled release fertilizers treated in wick systems on stem length and aerial fresh weight/plant at 70 days after planting.

地上部生体重도 다른 生育形質들과 비슷한 결과를 보였는데, 양액공급처리가 82.9g, 멀티코트 100g이 66.4g, 오스모코트 80g이 57.8g의 순으로 무거웠으며, 완효성비료를 증시할수록 멀티코트는 생체중이 1株當 32.5g에서 66.4g으로, 오스모코트는 39.1g에서 57.8g으로, 마갑프케이는 23.5g에서 31.5g으로 무거워지는 경향이였다(Fig. 17).

증상의 정도는 처리에 따라 다르나 양액공급구를 제외한 모든 처리에서 생육중기부터 양분결핍증이 발생하였는데, 특히 단비처리구에서 심하게 증상이 나타났다. 이러한 증상은 하엽에서부터 황화되어 생육이 진전됨에 따라 상위엽까지 황화증상이 나타나 질소질 양분결핍으로 판단되었다.



Fig. 18. Potato plants growing in the wick culture system at 70 days after planting : left, nutrient solution treatment; right, single element fertilizer and controlled release fertilizer treatments. The arrows show experiment plots of single element fertilizer: A, basal fertilization of standard fertilization level; B, two spilt application of standard fertilization level(N-P₂O₅-K₂O:10-10-12kg/10a) at planting date and 50 days after planting.

Fig. 18에서 보듯이 播種 70일 후의 양액공급처리(좌측그림)는 양분결핍증이 나타나지 않았으며, 배지의 양분축적에 의한 과잉장애도 없었다. 그러나 단비와 완효성비료 처리구(우측그림)는 양분결핍증상의 발현정도에 차이가 있을 뿐 대부분의 처리에서 결핍증상이 나타났고, 단비처리의 경우는 매우 심하게 양분결핍이 발생하였다. 이렇게 양분결핍증상이 발생한 것은 단비와 완효성비료를 씨감자가 播種된 깊이에서 시비하였는데, 모세관현상에 의한 배지내 수분상승시 양분이 배지의 상층부로 이동하여 양분흡수에 지장을 준 것으로 생각되었으며, 이러한 결핍증상은 단비처리에서 더욱 심하게 발생하였다. 이는 단비(요소, 용성인비, 염화加里)가 속효성비료로서 단기간에 양분이 상승하였기 때문이며, 단비의 2회분시처리인 경우 기비로 처리된 양분도 표층으로 이동하였고 2회째에 시비한 단비도 표층에 시비할 수밖에 없었기 때문에 양분흡수에 지장을 준 것으로 판단되었다. 단비처리의 경우 2회분시(B, 자료미제시)처리도 함께 시험이 이루어졌으나 양분결핍으로 고사하였고, 오히려 전량을 기비로 사용한 처리(A)가 결핍증상이 덜하였다.

심지를 통해 양수분을 모두 공급하는 경우와 양분을 완효성비료로 배지 충전작업시

같이 공급해주고 심지로는 수분만을 공급하게 해주는 경우에 있어서 식물체의 뿌리가 심지를 상자에 설치하기 위하여 뚫은 구멍을 통하여 양액이 흐르는 베드 밑면으로 침투되는 경우가 양액공급구에서가 더 많았고 단비와 완효성비료를 공급해준 처리에서는 Fig. 19에서 보는 바와 같이 침투한 뿌리의 양이 현저히 감소하였다. 이는 심지를 이용하여 수분뿐만 아니라 양분도 동시에 공급해주는 경우, 심지에 계속적으로 존재하게 되는 양분을 식물의 뿌리가 이를 흡수하기 위해 심지에 부착하게 되고, 이 심지를 통해 베드의 밑면까지 침투하게 된 것으로 생각된다.



Nutrient solution supply

Controlled release fertilizer supply

Fig.19. Potato roots permeated to the nutrient solution reservoir(left) and decreased amount of plant root adhered to the wick(right) at 70 days after planting.

나. 수량형질

심지재배 시스템에 몇 가지 완효성비료 등을 처리하여 播種 후 91일 경의 收量形質을 조사한 결과(Table 35)를 보면 멀티코트 100g과 오스모코트 80g 처리구를 제외하고는 양액공급구가 괴경관련형질들이 양호한 결과를 보였다.

株當塊莖數와 株當중서수는 양액공급처리나 단비처리 그리고 완효성비료처리들 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 塊莖平均重은 멀티코트 100g처리와 오스모코트 80g처리가 각각 38.2g과 36.4g으로 양액공급처리 38.4g과 비슷하였으며, 멀티코트 60g과 오스모코트 40g도 30g정도의 塊莖平均重을 보였다.

總塊莖收量/m²은 완효성비료 멀티코트 100g과 오스모코트 80g처리가 양액공급처리보다 수량이 261~800g 정도가 더 증수되었으며, 단비처리도 약 4.2kg의 수량을 얻었다.

Table 35. Effect of single element fertilizer and several controlled release fertilizers treated in wick systems on yield characters at 91 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponics.

Fertilizers †	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers/plant	Over 5g tuber yield /plant(g)	Rate of over 5g tuber yield* (%)
Nutrient solution	2.86	38.4	6,145.2	2.50	108.8	99.1
Single element fertilizer	2.97	25.2	4,195.8	2.89	74.6	99.6
Multicote 40g	2.72	25.8	3,933.1	2.56	69.6	99.2
Multicote 60g	2.75	31.5	4,856.0	2.58	86.1	99.4
Multicote 100g	3.25	38.2	6,945.4	3.06	123.4	99.5
Osmocote 40g	2.75	29.8	4,581.6	2.50	81.1	99.1
Osmocote 80g	3.14	36.4	6,406.7	2.83	113.4	99.1
Magamp K 47g	2.44	21.5	2,938.1	2.08	51.6	98.3
Magamp K 94g	2.67	26.3	3,924.2	2.36	69.1	98.6
LSD 5%	NS	9.5	628.3	NS	10.9	NS

† See Table 33 and 34.

* Ratio of over 5g tuber yield for total tuber yield.

5g 이상 크기의 塊莖平均重은 塊莖平均重과 비슷한 결과를 보여 5g以上 塊莖平均重이 약 3g 정도 더 무거운 것으로 나타났고, 5g以上 塊莖收量/m²은 總塊莖收量과 마찬가지로 멀티코트 100g이 6.9kg을, 오스모코트 80g이 6.3kg의 수량을 보여 양액을 공급하여 재배하는 경우보다 수량이 많았다(Fig. 20).

5g이상 괴경비율은 98.3%이상이므로 매우 높게 나타났으나 처리 간에 유의한 차이는 보이지 않았다.

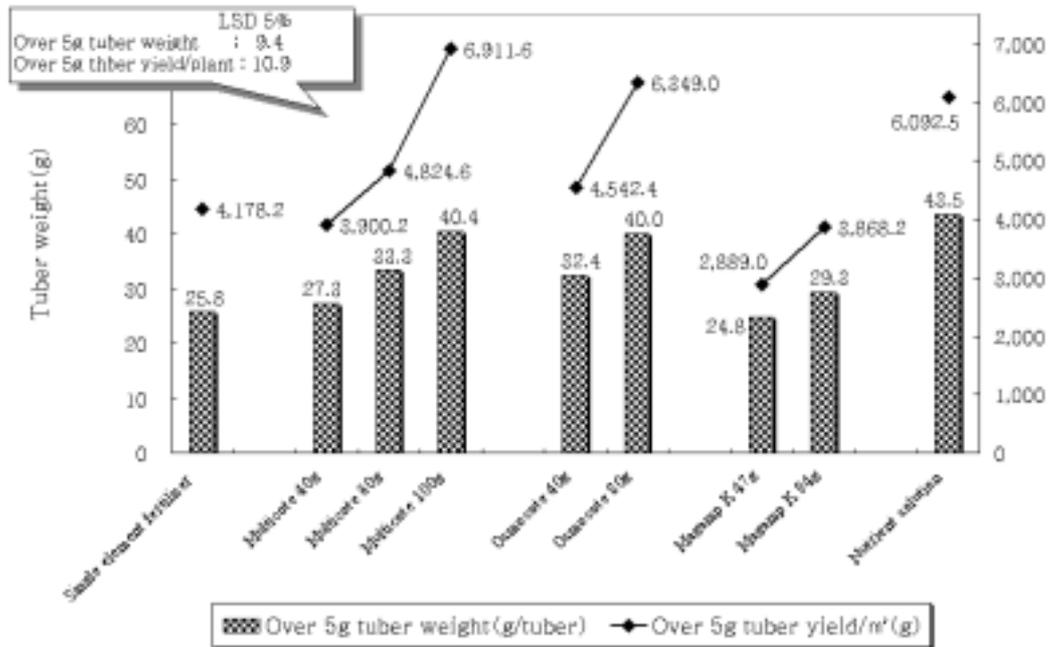


Fig. 20. Effect of single element fertilizer and several controlled release fertilizers treated in the wick systems on over 5g tuber weight and over 5g tuber yield/m² at 91 days after planting.

위의 몇 가지 완효성비료와 단비를 비교 시험한 결과, 양액공급 처리가 단비처리나 완효성비료를 시비한 것보다 生育形質이 나은 결과를 보였지만, 수량관련 형질간에는 멀티코트 100g과 오스모코트 80g처리가 양액공급처리 보다 오히려 수량성이 높게 나타났다. 이러한 결과는 완효성비료 등에 대한 개선을 통해 지상부 생육을 좋게 한다면 수량이 더 증가할 여지가 많은 것으로 생각되며, 단비처리도 1m² 당 4.2kg의 5g 이상 塊莖收量을 보여 분시방법과 분시횟수 그리고 미량요소 공급에 관한 연구를 보충하여 수행한다면 충분히 양액공급을 대체할 수 있을 것이라 생각된다. 또한 지상부 생육상태가 양액공급처리보다 좋지 않았기 때문에 확신할 수는 없으나 본 시험연구의 결과만을 놓고 본다면 식물체의 뿌리가 심지에 부착되는 정도에 있어 단비와 완효성 비료를 배지와 혼합하여 공급하는 것이 심지를 통해 양수분을 같이 흡수시키는 것보다 줄어드는 것을 볼 수 있었다(Fig. 21).



Fig. 21. Potato root weight adhered to the 8 wicks per polystyrene box at 91 days after planting : Nutrient solution plot=97.9g; Controlled release fertilizer(Osmocote 80g) plot=12.3g.

심지재배시 몇가지 완효성비료와 단비 그리고 양액공급처리에 따른 등급별 수량분포조사 결과(Table 36)를 보면, 81g이상의 등급수량이 양액공급구에 비해 괴경비대가 충분하지 못하였다. 이것은 단비처리인 경우 속효성으로 생육후기에 양분부족으로 인한 결과라 생각되며, 완효성비료의 공급인 경우 播種직전에 시비해주었기 때문에 생육초기에 양분부족으로 인한 스트레스가 생육후기까지 영향을 주어 괴경비대가 충분하지 못한 결과로 나타난 것으로 생각된다.

그러나 종서로서 적당한 크기인 31~80g의 등급수량은 마감프케이 47g처리를 제외하고는 양액공급구와 비슷하거나 높았고 특히, 멀티코트 100g과 오스모코트 80g처리는 양액공급처리보다 1,000g이상 더 무거웠다. 그리고 11~30g등급수량은 오스모코트 80g처리(876.7g)를 제외하고는 1,000~1,500g사이로 모든 처리에서 비슷한 수량을 보였으며 처리간 차이도 없었다.

Table 36. Yield distribution by class of potato tubers produced using the wick hydroponic system as affected by nutrient solution, single element fertilizer and several controlled release fertilizers.

Fertilizers	Tuber yield (g/m ²)					Total
	Under 4g	5~10g	11~30g	31~80g	Over 81g	
Nutrient solution	52.7	98.9	1,216.9	2,469.1	2,307.5	6,145.2
Single element fertilizer	17.6	178.6	1,472.8	2,368.8	158.0	4,195.8
Multicote 40g	32.8	127.7	1,342.0	2,287.8	142.8	3,933.1
Multicote 60g	31.4	104.8	1,119.7	2,670.3	929.8	4,856.0
Multicote 100g	33.8	123.5	1,060.1	3,898.4	1,829.6	6,945.4
Osmocote 40g	39.2	62.8	1,168.7	3,004.2	306.6	4,581.6
Osmocote 80g	57.7	147.0	876.7	3,761.2	1,564.1	6,406.7
Magamp K 47g	49.2	226.5	1,169.2	1,363.3	130.0	2,938.1
Magamp K 94g	56.0	83.4	1,326.6	2,458.2	0.0	3,924.2
LSD 5%	NS	NS	NS	764.4	1,038.2	628.3

다. 형질간의 상관관계

Table 37은 양분공급방법에 따른 생육과 收量形質 간 相關關係를 나타낸 것이다.

株當 地上部生体重은 株當莖數를 제외한 葉長 등의 生育形質과 유의한 正의 相關關係가 있었으며, 특히 葉長(0.902), 葉重(0.899), 莖長(0.925)과 매우 높은 相關程度를 보였다. 그리고 塊莖平均重(0.700), 總塊莖收量/m²(0.877), 5g以上 塊莖平均重(0.776) 그리고 5g以上 塊莖收量/m²(0.876)과도 높은 正의 相關關係가 있었다.

地上部生体重/株과 유의한 상관을 보인 葉長, 葉幅, 葉重, 莖徑, 莖長 등의 生育形質은 總塊莖收量/m², 5g以上 塊莖收量/m²과 유의한 正의 相關關係가 있었으며, 특히 葉長(0.808)과 莖長(0.893)에서 매우 높은 相關程度를 보였다.

株當塊莖數와 生育形質 간에는 유의한 상관이 없었고, 株當 5g以上 塊莖數는 株當莖數(0.291)와 유의한 正의 相關을 보였으나 相關程度는 낮았다. 그리고 葉重과 株當莖數(-0.292), 株當塊莖數와 塊莖平均重(-0.280)간에는 유의한 負의 相關關係를 보였으나 相關程度는 매우 낮았다.

Table 37. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the system treated several sorts of fertilizer in the wick hydroponics.

	Leaf width(cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems /plant	Stem diameter(mm)	Stem length (cm)	Aerial fresh weight/plant(g)
Leaf length(cm)	0.493**	0.945**	-0.217	0.764**	0.888**	0.902**
Leaf width(cm)		0.526**	-0.241	0.380**	0.455**	0.435**
Leaf weight(g/leaf)			-0.292*	0.647**	0.843**	0.899**
No. of stems/plant				-0.054	-0.060	-0.107
Stem diameter(mm)					0.786**	0.700**
Stem length(cm)						0.925**

	No. of tubers /plant	Average tuber weight (g/tuber)	Total tuber yield/m ² (g)	No. of over 5g tubers/plant	Over 5g tuber weight(g/tuber)	Over 5g total tuber yield/m ² (g)
Leaf length(cm)	0.136	0.743**	0.808**	0.071	0.815**	0.808**
Leaf width(cm)	0.162	0.267	0.364**	0.171	0.285*	0.365**
Leaf weight(g/leaf)	0.144	0.622**	0.702**	0.058	0.709**	0.700**
No. of stems/plant	0.269	-0.152	0.038	0.291*	-0.152	0.037
Stem diameter(mm)	0.009	0.798**	0.719**	0.025	0.808***	0.722**
Stem length(cm)	0.246	0.765**	0.890**	0.246	0.801**	0.893**
Aerial fresh weight/plant(g)	0.273	0.700**	0.877**	0.202	0.776**	0.876**
No. of tubers/plant		-0.280*	0.444**	0.936**	-0.204	0.435**
Average tuber weight(g/tuber)			0.713**	-0.230	0.970**	0.720**
Total tuber yield/m ² (g)				0.430**	0.756**	0.987**
No. of over 5g tubers/plant					-0.236	0.428**
Over 5g tuber weight(g/tuber)						0.759**

*,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

4. 고찰

심지관수에 의한 수분의 공급은 모세관작용을 이용한 수분흡수이므로 양액을 심지를 이용하여 공급하거나 완효성비료를 배지와 혼합하여 공급하든 간에 양분이 수분상승을 따라 배지의 상층부에 집적되기 쉽다. 그런데 양액은 계속적으로 심지를 통해 공급되어 생육에 지장이 없거나 또는 과잉상태가 되는 경우가 많으나, 본 시험결과 생육후기에 과번무하는 증상이 약간 있을 뿐 과잉에 의한 장애는 없는 것으로 판단되

었다. 그러나 단비를 배지와 함께 혼합하여 공급해주는 경우에는 수분상승에 의해 배지 속에 있던 양분이 급속히 배지의 상층부인 表層으로 이동하여 식물이 흡수하기에 불리한 조건으로 작용하여 양분결핍증이 발생하는 결과를 초래한 것으로 생각되었다. 따라서 단비의 경우, 시비량을 늘려 배지와 혼합하여 시비해주더라도 시비효과가 크지 않고, 오히려 빠르게 배지의 표층으로 이동된 비료염의 집적으로 염류장해가 발생할 것으로 생각되었다. 이러한 이유로 분시횟수를 증가시키거나 또는 분시량을 늘려더라도 약간의 양호한 양분조건을 제공해 주기는 하겠지만 그리 큰 효과는 기대하기 어렵다고 판단된다. 따라서 속효성인 단비처리인 경우 시비량을 증가시켜 주는 것보다는 생육중기 이후에는 엽면시비를 통한 양분의 공급이나 적당량의 질소질 비료를 수분에 녹여 심지를 통해 공급해주는 것이 바람직할 것으로 생각되었다.

또한 완효성비료인 경우도 배지와 혼합하여 공급하는 것보다는 배지를 약 1~2cm 정도의 두께로 폴리스티렌 상자에 충전하고 적정량의 완효성비료를 시비하고 난 후에 배지를 충전시키는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 이러한 시비방법은 단비인 경우에도 마찬가지로 적용되어야 할 것이다.

본 연구에서 질소, 인산, 가리의 단용비료와 오스모코트 등의 완효성비료 처리는 심지를 통한 양액의 공급보다는 生育形質에 있어서는 떨어지는 결과를 보였으나, 수량성에서는 오스모코트 80g과 멀티코트 100g 처리에서 양액공급처리보다 높게 나타났다. 또한 양액공급구에 비해 단비와 완효성비료 공급구가 심지에 부착된 뿌리의 양을 현저히 감소시키는 결과를 얻을 수 있었는데, 이러한 결과를 보였던 것은 양액공급구에서는 심지를 통해 수분흡수뿐만 아니라 양분도 동시에 흡수되기 때문에 심지에 비료염이 항상 남아있게 되어 식물의 뿌리가 심지에 부착될 수 밖에 없고, 이에 반해 심지를 통해 수분만을 공급하는 비료시비구에서는 심지를 통해서 수분만 흡수되고 식물체가 필요로 하는 양분은 상토충진시에 단비 또는 완효성비료로 공급하였기 때문에 심지에 부착된 뿌리의 양이 현저하게 감소된 것으로 보인다. 따라서 심지의 재사용 측면에서 그리고 양액의 농도조절의 불필요 등 재배관리상의 용이성 등에서 완효성비료의 사용이 심지재배에 적용할 수 있을 것으로 보이며, 단비처리에서도 總種薯收량이 4,178g/m²으로 나타나 시비방법과 시비량, 엽면시비 그리고 미량요소 등 단비 이외의 비료성분에 대한 공급방법이 개선된다면 양액의 사용을 줄일 수 있어 종서생산비

를 줄일 수 있을 것이라고 생각된다.

완효성비료와 단비를 시비한 시험구의 株當塊莖數는 2.44~3.25개의 범위에 있었는데, 노지포장에서 수행된 시험 6의 심지재배산 종서 5g크기 처리이상에서의 株當塊莖數는 봄재배시 6.54~8.62개, 가을재배시 3.36~5.26개로 포장재배시에 비해 적었다. 이러한 결과는 심지양액재배에서 塊莖數를 증가시킬 수 있는 여지가 있다는 것을 알 수 있게 해주며, 종서생산에 있어서 塊莖收量은 생산된 전체 무게보다는 종서로 활용할 수 있는 크기의 괴경을 많이 생산하는 것이 종서생산에 유리하기 때문(강과 김, 1995; 고령지농업시험장, 1998)에 塊莖數를 증대시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

또한 심지재배시 양액공급처리구의 과번무는 괴경형성에도 영향을 주었다고 생각되는데, Lauer(1963)는 질소시비량이 과다할 때에는 줄기와 잎이 過繁茂되어 광합성효율이 저하되고 지상부와 지하부 생육의 불균형을 초래한다고 하였다. 따라서 심지양액재배시 생육후반기의 과번무를 제어하기 위해 괴경형성기 ~괴경비대기에 양액의 EC를 줄이거나 생육후반기에 배지에 남아 있는 양분소모를 위해 양액의 공급을 중단하는 것이 필요하고, 이에 대한 연구가 계속적으로 구명되어야할 것으로 생각되었다.

본 연구에서 봄작기에 이루어진 시험 1과 2가 가을작기에 수행된 시험 3, 4, 5에 비해 莖長이 길고 생체중이 무거워 과번무현상이 뚜렷하였는데, 이러한 결과는 생육시기에 따른 양액의 농도뿐만 아니라 일장조건 등의 환경도 영향을 준 것으로 보인다. 감자 분무경양액재배에서 고온장일조건에서는 영양생장이 왕성하여 지상부의 과번무를 초래하는 것으로 알려져 있는데 특히 본 연구의 공시재료인 대지품종은 제주지역에서 봄재배시 생육후반기에 고온과 장일조건과 遭遇하게되어 과번무하기 쉬운 품종이기 때문에 가을재배에 비해 봄재배시 이러한 현상이 높았던 것으로 생각되었다.

5. 요약

葉重은 양액공급처리가 8.9g으로 가장 무거웠으며, 완효성비료 중에서는 멀티코트 100g과 오스모코트 80g이 각각 5.7g과 5.5g으로 무거웠고, 단비처리가 가장 가벼웠다. 莖徑은 양액공급처리가 가장 두꺼웠으며, 완효성비료 중에는 멀티코트 100g처리가 두꺼웠고, 마감프케이 47g처리가 가장 가늘었다.

莖長도 양액공급을 한 처리가 51.8cm, 멀티코트 100g이 45.6cm, 오스모코트 80g 처리가 43.3cm의 순으로 나타났으며, 완효성비료를 증시하는 경우에 莖長도 유의하게 길어지는 경향을 보였다.

株當生体重은 양액공급처리가 82.9g, 멀티코트 100g 처리는 66.4g, 오스모코트 80g 처리는 57.8g의 순으로 무거웠으며, 완효성비료를 증시할수록 생체중도 무거워지는 경향을 보였고, 단비처리는 28.4g으로 가벼웠다.

塊莖平均重은 멀티코트 100g처리와 오스모코트 80g처리가 각각 38.2g과 36.4g으로 양액공급처리 38.4g과 비슷하였다.

總塊莖收量/m²은 완효성비료인 멀티코트 100g과 오스모코트 80g처리가 각각 6.95kg과 6.41kg을 보여 양액공급처리(6.15kg)의 수량에 비해 각각 13%와 4%정도 증수되었고, 단비처리도 약 4.2kg의 수량을 얻을 수 있었다. 심지재배시스템에서 완효성비료의 사용은 양액공급을 대체할 수 있었으며, 단비의 사용가능성도 확인하였다.

따라서 심지재배시스템에서 완효성비료의 사용은 양액공급 대체, 심지의 재사용, 양액의 농도조절의 불필요한 재배관리상의 용이성 등 종서의 생산비를 절감할 수 있는 방안으로 판단된다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 목표달성도

구 분	연구개발목표	평가의 착안점	목표 달성도
1차년도 (2001)	우량씨감자 대량생산 을 위한 재배시 스템제작, 최적의 심지재배조건 구명	○ 심지재배용 재배시스템제작, 무균 플러그묘 생산 ○ 심지재배에 적합한 상토 선발 ○ 심지재배시 알맞은 심지수 구명	100%
2차년도 (2002)	심지재배생산종서 를 이용한 상위급 씨감자의 대량생산 기술개발	○ 분무경재배 생산종서의 심지재배시 수량 비교 ○ 분무경생산종서의 절단재배 가능성 검토 ○ 심지재배시 적정 재식밀도 구명시험 ○ 심지재배 생산종서의 크기별 생산력 검정 ○ 심지재배종서의 경제적생산을 위한 양액공 급방법 개선	100%

제2절 관련분야에의 기여도

1) 심지양액재배시스템개발로 농가가 직접 모터펌프와 타이머로도 제작이 가능하고 직접 관리하기도 쉬워 상위급 감자 종서생산에 상당한 공헌을 할 것임.

2) 심지재배에 의한 종서 생산방법은 고체배지에 양액을 공급함으로써 최소한의 양액으로 분무경 양액재배산보다 한 단계 더 안정된 우량씨감자의 대량생산방법으로 이용함.

3) 심지양액 재배시스템 기술은 채소류 등 타 작물의 고품질상품생산에도 적용하기가 매우 유리할 것으로 판단됨.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제1절 활용계획

1) 심지양액재배시스템 개발은 기존의 종서생산체계보다 축소시킬 수 있는 생산기술로 조직배양묘 또는 경삽묘 생산(무병주도입단계)→분무경양액재배(1차증식단계)→심지양액재배(2차증식단계)→증식 또는 농가보급의 4단계의 종서생산체계와 무병주도입단계에서 직접 심지양액재배단계를 거친 후 증식단계 또는 농가보급단계인 3단계로 종서생산체계를 기존보다 1~2단계 축소하는데 활용한다.

2) 분무경양액재배에 의해 씨감자 기본식물 및 원원종급 상위종서를 생산하고 있는 시험장, 농업기술원 등에 이 기술을 이전하여, 분무경 양액재배시 발생하는 씨감자의 피목비대, 부패현상 등에 의해 종서품질저하 및 생산량 증대의 한계를 극복하여 씨감자의 안정적인 생산방법으로 활용한다.

제2절 본 연구를 통해 얻어진 연구실적

1. 논문발표

1) 강봉균, 송창길, 김찬우, 박정식, 문현기. 2003. 5. 감자 심지 양액재배시 분무경산 종서 크기가 씨감자 생산성에 미치는 영향. 한국작물학회·한국육종학회 공동학술대회. proceeding p 290.

2) 강봉균, 송창길, 김찬우, 박정식, 문현기. 2003. 5 감자 심지 양액재배산 종서 크기가 포장 생산성에 미치는 영향. 한국작물학회·한국육종학회 공동학술대회. proceeding p 289.

2. 학술지 게재

1) 강봉균, 송창길, 김찬우, 박정식, 문현기. 오태수. 오문학. 2003. 6. 감자 플러그묘 심지재배시 심지수에 따른 상위급종서의 생산성. 한국작물학회지. 48(3): 191-195

2) 강봉균. 2003. 6. 감자 플러그묘의 양액심지재배시 배지조성에 따른 생육 및 수량 변화. 원예과학기술지. 21(2): 90-93

3. 학위논문

- 1) 김찬우. 2003. 8. 순환식 심지양액재배시스템에 의한 우량씨감자 생산기술 개발. 제주대학교 대학원 박사학위논문.
- 2) 박정식. 2002. 2. 심지재배시 배지조성과 심지수에 따른 감자의 생육 및 수량형질 변화. 제주대학교 대학원 석사학위논문.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

優良 씨감자의 供給을 위한 無病株의 導入은 주로 生長점배양을 하거나(De Bokx, 1972; Mes & Menge, 1954; 윤 등, 1982; Rosse 등, 1987; 임 등, 1990) 生長점배양과 함께 熱處理 또는 化學處理를 하여 바이러스가 없는 식물체를 만들고 있다(Kassanis, 1950; Wang & Hu, 1985). 이후 이를 急速 增殖시킨 후 발근배양, 순화과정을 거쳐 기본식물을 만들고 이를 포장에서 기본종, 원원종, 원종, 보급종으로 확대 증식하는 5 단계 과정을 거쳐 농가에 보급해 왔다. 이러한 이유들로 기존의 基本植物을 이용한 體系를 대신하는 인공씨감자 이용방법이 활발히 연구되어 왔다(Cheng & Zhang, 1989; Hussey & Stacey, 1981; Madec, 1963; Mingo-Castel 등, 1976; Palmer & Smith, 1969).

대관령 고령지농업시험장에서 1986년부터 약 10년간 사용해온 실험실내 씨감자 생산기술인 인공씨감자는 1956년에 Gregory에 의하여 기내에서 소피경 형성의 가능성이 제시된 후 기내피경의 형성에 관한 생리적 기작 구명, 기내피경 형성온도와 광 등 각종 환경요인 구명, 배지조성 및 각 호르몬의 효과 등의 연구가 수행되었고 이들 연구의 실용적 목적은 주로 塊莖肥大의 생리기작 연구, 유전자 유지 보존 및 전파방법에 이용 가능성, 신품종 육성방법에 활용 등 많은 연구자들의 보고가 있었다(Gifford 등, 1967; Harmey 등, 1966; Mingo-Castel 등, 1976; Madec, 1963).

作物의 양액재배 방식은 크게 고행배지경과 비고행배지경으로 구분할 수 있으며, 비고행배지경은 분무경과 Nutrient film technique(NFT)방식, 담액경 등으로 구분할 수 있다. 고행배지경은 培地種類에 따라 유기물 배지와 무기물배지로 나눌 수 있으며 이러한 배지들은 식물의 뿌리에 양분과 수분을 공급하며 식물체를 지탱하는 역할을 하며, 대부분 펄라이트, 암면, 피트모스 등의 배지를 이용하고 있다. 噴霧耕은 뿌리를 공기 중에 노출시키고 양액을 분무하여 안개와 같이 포화시켜 재배하는 방식으로 용존산소 문제해결에 장점이 있다(Massantini, 1985; Maxwell, 1986). NFT방식은 배양액이 얇게 흐르게 하여 작물을 재배함으로써 근권의 통기를 적절히 유지하도록 고안되었으며(Cooper, 1975), Gislerrød & Kempton(1983)은 뿌리와 미생물에 의하여 근권에

산소의 부족이 야기될 수 있다고 하였다.

Do Boodt & Verdonck(1973)는 床土材料의 적정 物理性인 총공극량이 85%, 1kPa에 서의 공기 20~30%, 이용수분 20~30% 정도가 적당하다고 제시하였는데, 배양토 물 리성 중 식물에 가장 많은 영향을 미치는 것은 수분량과 공극률의 상대적 비율로 알 려져 있는데, Reed(1996)에 따르면 펄라이트는 배지내 공극량을 높이고 안정적인 것 이 특징이고, EC에 가장 영향을 적게 주는 배지로서 물리·화학적으로 안정되어 있 고, Wilson(1986)은 펄라이트의 활용성을 높이 평가하였으며, 펄라이트의 有效水分含 량을 높일 수 있도록 피트모스, 입상 암면 등을 첨가하면 물리성이 안정된 배지가 만 들어질 수 있다고 보고하였다(Benoit & Ceustermans, 1990). Beardsell 등(1979)은 피 트모스는 단위면적당 蒸發量이 높으나 초기 수분흡수가 좋지 않다고 하였다.

제 7 장 참 고 문 헌

- Adams, P. 1992. Crop nutrition in hydroponics. *Acta Hort.* 323:289~305.
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1994. A method for quantifying plant available water holding capacity and water absorption potential in container media under production conditions. *HortScience.* 29 : 501.
- Beardsell, D. V., D. G. Nichols, and D. L. Jones. 1979. Water relation of nursery potting media. *Scientia Hort.* 11:9~17.
- Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyuretane as on ecological growing medium. *Plasticulture* 88:41-48.
- Caspersen, S., P. Sundin, M. Munro, S. Aðalsteinsson, J. E. Hooker and P. Jensén. 1999. Interactive effects of lettuce (*Lactuca sativa* L.), irradiance and ferulic acid in axenic, hydroponic culture. *Plant Soil* 210: 115~126.
- Chang, J.I. and Y.H. Kim. 1992. Effect of the flooding height of nutrient solution on the yielding ability of Cherry Tomato used cuttage seedling in scoria medium cultute. *Subtrop. Agric. Cheju Nat. Univ.* 9:43-57.
- Cheng T. and Y. Zhang. 1989. influence of light intensity, daylength, CCC and BAP on *in vitro* potato tuberization. CIP region VIII working paper # 89~22 pp. 144~147.
- 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.) micro-tuberization

in vitro. Kor. Soc. Hort. Sci.(Abstr.)8(1):78~79.

DeBoodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26 : 37-44.

DeBoodt, M. O. Verdonck and I. Cappaert. 1973. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Proc. Symposium Artificial Media in Horticulture. Ghent 1973. 10~13. Srpt :2054~2062.

Dole, J.M. and J.C. Cole. 1994. Growth of poinsettias, nutrient leaching, and water-use efficiency respond to irrigation methods. *HortScience* 29:858-864.

De Bokx J. A. 1972. Viruses of potatoes and seed-potato production.

Gifford, R. M., J. Moorby, 1967. The effect of CCC on the initiation of potato tubers. *Eur. Potato J.* 10:235~238.

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* L. *Eur. Potato J.* 9:146~151.

Haverkort, A. J. 1982. Water management in potato production. Technical information bulletin 15, CIP, pp22.

Headford, D. W. R. 1962. Sprout development and subsequent plant growth. *Eur. Potato J.* 5:14~22.

Hendriksen, J. B. 1963. The mother tuber and the growth of the potato plant. Proc. 2nd Trienn Conf. Eur. Assoc. Potato Res. Posa, Italy.

- Hussey, G. and N. J. Stacey. 1981. In vitro propagation of potato(*Solanum* spp.).
Ann. Bot. 48:787~797.
- Iritani. W. M. 1981. Growth and preharvest stress and processing quality of
potatoes. Amer. Potato J. 58:24~31.
- Jefferies. R. A., and D. K. L. Mackerron. 1987. Aspects of the physiological basis
of cultivar difference in yield of potato under droughted and irrigated
conditions. Potato Res. 30:201~217.
- Jo, I. S., B. K. Hyun, H. J. Cho, and Y. S. Jang. 1997. Three phases and water
characteristics of Horticultural Substrates. *J. Kor. Soc. Soil. sci. Fert.* 30(1) :
56-61.
- 제주도농업기술원. 2000. 감자재배기술.
- Kang, B.K., Y.K. Kang, H.K. Mun, C.K. Song, C.W. Kim, and J.S. Park. 2002.
Effect of seed-piece size and seed-piece number per tuber of mini-tubers
produced by hydroponics on growth and yield of potato. *Kor. J. Crop Sci.*
47(6):432-436.
- Kang, J.K., S.Y. Yang, and S.Y. Kim. 1996. Effect of nitrogen levels on the plant
growth, tuberization and quality of potatoes grown in aeroponics. *J. Kor. Soc.
Hort. Sci.* 37:761-766.
- 강종구, 김승열. 1995. 양액재배에 의한 감자 소피경 형성 및 비대촉진에 관한 연구.
농업과학논문집. 37(6):761~766.
- Kassanis, B. 1950. Heat inactivation of leafroll virus in potato-tubers. *Ann. App.*

Biol. 37:339~341.

김화영, 정혁. 1994. 감자 器內小塊莖의 薯齡이 圃場生育 및 수량에 미치는 영향. 한원지 35(4):330~336

김철균. 1998. 양액재배에 의한 우량씨감자 생산체계. 제주도의 감자 재배전망과 우량씨감자 공급체계 '98 제1차농업과학 세미나. PP.30~45.

김현준, 김승열, 신관용, 양성지. 1997. 栽植密度와 질소시비수준이 가공용 감자의 중심공동 및 내부갈색반점 발생정도에 미치는 영향. 한원지. 38(3):107~110.

김현준, 김승열, 신관용, 김학기, 김화영. 1997. 경상, 기내소괴경형성, 양액재배에 의한 감자 무병주 생산 방법. 식물조직배양학회지. 제24권 제2호: 83~86

김현준. 2002. 종서생산기술 현황 및 과제. 우량종서생산기술 세미나 pp.3-17.

Kim, H. J., Kim, K. S., Kim, W. B. and Choi, K. S. 1993. Studies on small seed potato(*Solanum tuberosum* L.) multiplication by hydroponic and its practical use. RDA J. Agri. Sci. 35(1): 524~529.

Kim, S. Y. 2000. Development of supply system and safe production of seed potato. 2000 symposium on improvement of potatoes production in Jeju. p. 57-75.

Kim, K.T., S.B. Kim, S.B. Ko, K.H. Kim, and S.K. Jeong. 1998. Field growth and yield characteristics of mini-tubers potato (*Solanum tuberosum* L.) produced by hydroponics. RDA J. Hort. Sci. 40(1):140-144.

김정간, 김승열, 조현묵, 임채일, 조장환. 1992. 고랭지에 있어서 감자의 조·만생 품종간 물질생산 특성과 유전성분의 차이. 1. 품종 및 栽植密度에 따른 생육특성의 경시

- 적 변화. 농시논문집(원예편) 34(2):113~122.
- 金崇烈, 金裕喆, 成一藏, 金剛權. 1979. 이기작 감자재배에 있어서 춘작 수확기의 조만이 추작생산성에 미치는 영향. 조재영박사회갑기념논문집. 206~215.
- 김승열, 김정간, 함병희, 채제천. 1993. 감자의 生育期 土壤水分 Stress가 生育, 塊莖收量 및 品質에 미치는 影響. 農業論文集 35(2):452~459.
- 김승열, 윤영호, 박천수, 장동철. 1999. 양액재배에 의한 씨감자 생산효율증대시험. 고령지농업시험장 시험연구보고서: 175~185.
- 김유철. 1994. 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵. pp 3~12.
- Koo, E.S. 1998. Rapid multiplication and rooting promotion of potato(*Solanum tuberosum* L.) stem cuttings using hydroponics. M.S. Thesis Kangnung National Univ.
- 고령지농업시험장. 1998. 양액재배에 의한 우량씨감자 대량증식 기술개발에 관한 연구. 농촌진흥청. 101pp.
- 경기도 농업기술원. 1999. 환경보전형 첨단 recycling 양액재배 시스템 개발. 농촌진흥청. 155pp.
- Lauer, F.I. 1963. Influence of high and low levels of N and K on adventitious bud formation in the potato. Am. Potato. J. 40 : 302~307.
- 이상용, 1994, 종서생산 현황과 문제점, 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스검정방법 워크샵, 농촌진흥청 고령지시험장, pp.58~86

- 이상용. 1994. 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵.
pp 58~86.
- Lauer, F. I. 1963. Influence of high and low levels of N and K on adventitious bud formation in the potato. *Am. Potato. J.* 40 : 302-307.
- Lee, Y.B., K.W. Park, M.Y. Roh, E.S. Chae, S.H. Park, and S.H. Kim. 1993. Effects of ecologically grown sound substrates on growth and yield of tomato(*Lycopersicon esculentum* Mill.) in bag culture. *Kor, J. Bio. Fac. Env.* 2(1):37-45.
- 이정식, 류병열. 1996. 유기질 원료로 만든 배양토의 pH, EC 및 물리적성질의 변화와 포인세티아의 생장. *한원지*. 37(6) : 810-814.
- 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.
- Mes, M. G., Menge, G. 1954. Potato shoot and tuber cultures in vitro. *Physiol Plant* 7: 637~649.
- Mingo-Castel, 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.
- Moorby, J. 1967. Inter-stem and inter-tuber competition in potatoes. *Eur. Potato J.* 10:189~205.
- 농림부. 2002. 농림통계연보.

- Nukaya, A., W. Voogt and C. Sonneveld. 1992. Effects of NO₃, SO₄ and Cl ratios on tomatoes grown in recirculation system. *Acta Hort.* 303:91~98.
- 東海林 繁治. 1941. 馬鈴薯の灌水による腐敗, 特に時間に関する実験. *農業 及 園藝* 17 (8):1027~1030.
- Ojala, J. C., J. C. Stark, and G. E. Kleinkopf. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management of potato yield and quality. *Am. Potato J.* 67 : 29-43.
- Rossel, G., F. G. De Bertoldi, and R. Tozio. 1987. *In vitro* mass tuberization as a contribution to potato micropropagation. *Potato Res.* 30:111~116.
- Reed, D. W. 1996. Water, media, and nutrition for greenhouse crops. p. 110-111. Ball Publishing. Illinois.
- Rural Development Administration. 1983. Survey standard of agriculture experiment. Suwon, Korea.
- Son, K. C., K. Y. Paek, W. K. Park, and T. J. Kim. 2000. Plant growth and wilting of indoor plants, and water content and rehydration of media irrigated by wick as affected by medium composition. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 41(4) : 429-434.
- 田口啓作. 1957. 馬鈴薯品種の交雑育種の関する研究. 東北農試研究報告. 12. pp. 212.
- Thinggaard, K. and H. Andersen. 1995. Influence of watering frequency and electrical conductivity of the nutrient solution on phytophthora root rot in pot plants of Gerber. *Plant Dis.* 79: 259~263.

- van Os, E. A. 1995. Engineering and environmental aspects of soilless growing systems. *Acta Hort.* 396: 25~32.
- van Weel, P. A., J. de Dood and R. D. Woittiez. 1992. Cut-rose production in closed system with emphasis on environmental aspents. *Acta Hort.* 303: 15~21.
- Wang, P. T. and C. Y. Hu. 1985. Potato tissue culture and its application in agriculture. *Potato physiology* pp. 503~577.
- 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. III. Productivity at sucessive harvest dates under 24-h and 12-h photoperiods. *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 tecnique(NFT). *Amer. potato J.* 67: 177~187.
- White, P. R. 1943. *A handbook of plant tissue culture.* Landcaster Pa.: Jaques Cattell Press.
- Wiersema, S. G. 1985. Physiological development of potato seed tubers. *Technical Information Bulletin 20, International Potato Center, Peru.* P.16.
- Wilson, G.S. 1986. Tomato production in difference growing media. *Acta Hort.* 178:115-119

- 양태준, 강영길, 김철균. 2002. Perlite 기준배지가 양액재배 감자의 생육 및 塊莖收量에 미치는 영향. 아열대농업생명과학연구지 Vol. 18 No. 2:23~29.
- 임명순, 김승열, 김정간, 최영하. 1990. 감자더듬이병 생태 및 방제에 관한 연구. 원예시험장시험연구보고서 pp.324-339.
- Zekki, H., L. Gauthier and A. gosselin. 1996. Growth, productivity and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes, with or without nutrient solution recycling, J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121: 1082~1088.
- 栗原 浩, 田畑健司. 1962. 馬鈴薯の生育相に關する研究. 日作紀 30(1):101~105.
- 川上幸治郎. 1948. 馬鈴薯通論. 養賢堂.
- 유언하. 1990. 우리나라 감자 및 종서생산 현황 및 문제점. 수입개방화에 대응한 우량종서생산 심포지엄 발표요지. p 9-22.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.