

博士學位論文

循環式 심지養液栽培 시스템에 의한
優良씨감자 生産技術 開發



農 學 科

金 贊 佑

2003年 6月

循環式 심지養液栽培 시스템에 의한 優良씨감자 生産技術 開發

指導教授 金 翰 琳

金 贊 佑

이 論文을 農學博士學位 論文으로 제출함

2003年 6月



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

金贊佑의 農學博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

委 員 _____

濟州大學校 大學院

2003年 6月

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

Chan-Woo Kim

(Supervised by Professor Hal-Lim Kim)



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

DEPARTMENT OF AGROMONY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2003. 6.

목 차

Summary	1
I. 서 론	7
II. 연 구 사	9
III. 재 료 및 방 법	22
IV. 결 과	34
시험1. 심지양액재배시 상토별 적정 栽植密度 구명	34
시험2. 심지양액재배시 적정 수평형심지수 구명	45
시험3. 분무경산 종서의 크기별 심지양액재배 생산성	54
시험4. 분무경산 종서의 절단재배 가능성 검토	62
시험5. 심지재배를 위한 양분공급방법 개선	69
시험6. 심지재배산 종서의 포장생산 능력검정	79
V. 고 찰	95
VI. 적 요	120
VII. 참 고 문 헌	

Summary

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

Chan-Woo Kim

Department of Agriculture, Graduate School, Cheju National University

All experiments in this study were conducted during the 2002 growing season at the glasshouse and research farm of College of Agriculture, Cheju National University (30° 27' 20" N latitude, 277 m altitude) 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 an alternative method of nutrient solution supply were investigated. Field performance of seed tubers produced by the wick hydroponics was also determined.

The results obtained are summarized as follows:

1. 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×L×D=31×51×20cm). 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 $\geq 5g$

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 ($\geq 5\text{g/tuber}$) 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).

2. Effects of the number of horizontal wicks in the wick hydroponic system.

1) As the number of horizontal wicks increases from 2 to 10, leaf length increased from 18.7 to 27.9cm, and leaf width from 12.9 to 20.3cm, leaf weight from 3.4 to 9.0g/leaf, and stem diameter from 4.7 to 8.1cm.

2) The number of stems/plant, stem length and top fresh weight/plant were greatest in the plot with 8 horizontal wicks/polystyrene box (51 wicks/m²).

3) Average tuber weight ranged from 13.4 to 38.5g/tuber and markedly increased up to 8 horizontal wicks/box and then slightly decreased to 36.2g/tuber.

4) Average tuber weight and seed tuber weight/tuber of control plot with 6 vertical wicks/box were heaviest. However, there were no significant difference for these characters among control plot, and plot with 8 and 10 horizontal wicks.

5) The number of seed tubers/plant ranged from 2.84 to 8.04, and considerably increased up to 6 horizontal wicks/box and thereafter slightly decreased.

6) Total tuber yield and seed tuber yield/m² ranged from 1,920.2 to 13,095.6g and from 1,806.2 to 12,917.1g/m², respectively and remarkably increased up to 8 horizontal wicks and then slightly increased. There were no significant difference for those traits between plots with 8 and 10 horizontal wicks and between control plot and plot with 6 horizontal wicks.

7) Seed tuber yield/m² in the plots with 8 and 10 horizontal wicks was 12.4 and 12.9 kg/m², respectively and compared to the control plot, potatoes grown in the plot treated the number of 8 and 10 horizontal wicks produced 30.9 and 38.1% more tuber yield, respectively.

In conclusion, the optimum number of horizontal wicks/polystyrene box was 8 wicks which were laid down in the inner part of the box.

3. Effects of the sizes of tuber 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..

4. Effects of cutting of tubers produced by aeroponics 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. was similar each other. 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.

5. Controlled release fertilizers as a substitute of nutrient solution 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 20ℓ

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 could be applied as well.

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.



I. 序 論

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(감자총서, 1999) 단위면적당 종서소요량이 많고 增殖倍率은 벼의 1/150에 불과하여 일시에 종서 갱신을 높이는 것은 곤란하다(이, 1994).

현재 정부(국립종자관리소, 2003)에서의 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.

또한 大關嶺 地域에 집중되어 있던 채종도 1986년에 무주와 봉화지역, 1992년에는 제주지역, 1993년에는 흥천지역을 채종지역으로 활용하여 分散採種을 하고 있으나, 이들 지역도 대관령지역보다 우수한 채종지는 되지 못하고 있고, 대관령지역의 진딧물 발생량이 매년 증가하고 있으며 이로 인해 '91년부터는 原種을 網室栽培로 전환하여 바이러스 이병율을 낮추고 있는 실정이다(이, 1994).

따라서 우리나라의 경우 採種環境 惡化로 인한 채종지역의 분산과 상위급 우량종서 생산량을 늘여 채종단계 축소가 필요하다. 그리고 현재 보급종의 공급이 수미와 대지품종에 편중되어 이들 품종의 生産量 過多와 각 지역과 실정에 적합한 품종의 씨감자를 적기에 생산하고 消費者의 嗜好에 적합한 品種多樣化를 통한 消費量增加를 위해서도 분산채종이 필요하다.

현재 상위단계 씨감자생산에 이용되고 있는 噴霧耕 養液栽培를 이용한 씨감자 생산은 기

상환경조건과 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 중서품질과 性能低下 등의 문제로 施設面積 확대에 어려움을 겪고 있다(강과 김, 1996; 김, 1998; 구 등, 2000; 양 등, 2002). 이러한 문제점들로 인해 현재 고려지 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 손실차원에서 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 가능하며, 특히 기상환경의 변화에 따른 양수분의 공급조절이 심지에 의해서 가능하여 최근 室內植物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 검토하고자 하였다. 그리고 적정 培養土, 栽植密度, 심지수, 괴경크기 등에 관한 시험과 심지재배를 통하여 생산된 씨감자의 種薯生産能力을 검토하여 效率의이고 안정적인 우량 씨감자생산을 위한 감자 심지양액재배 시스템의 開發과 栽培法을 確立하고자 本 研究를 수행하였다.

II. 研究史

감자는 영양체의 일부인 塊莖을 種子로 이용하는 영양번식 작물이며 繁殖手段인 皮경을 통해 病害가 차대로 感染된다. 감자에는 바이러스병, 윤부병 등 皮경으로 전염하는 病害가 많고 外觀으로는 罹病有無의 判別이 불가능하며 약제방제가 불가능한 重要病害가 많다. 씨감자가 이들 病害에 이병되면 자신만이 피해를 입는 것이 아니고 새로운 感染源으로서 후대에까지 繼承되어 가속적으로 이병주를 증가시켜 현저한 수량감소와 품질저하의 커다란 요인으로 작용하는데(Iritani, 1968; 정 등, 1983), 특히 Potato leafroll virus(PLRV), Potato virus Y(PVY), Potato virus M(PVM) 등의 바이러스 피해가 심하다고 알려져 있다(De Bokx, 1972; 정 등, 1983; 함영일, 1991). 일단 씨감자가 바이러스에 감염되면 그것이 다음 세대로 다시 옮겨가며, 이를 外觀상으로 判別하여 病害를 방지하는 것이 불가능하고 바이러스에 감염된 씨감자는 해가 갈수록 더 급격하게 수량감소가 이루어진다. 그리고 감자의 수량 및 품질은 退化程度에 따라 큰 차이를 보이며 해를 거듭할수록 退化程度가 심해져 수량은 갱신당년의 100%에서 2년차는 50%, 3년차는 35%, 4년차에서는 15%의 수량을 가져온다(감자총서, 1999).

또한 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 收量増大를 위해서는 無病이며 生理的 活性이 높은 씨감자의 지속적인 普及이 필수적이며, 감자재배의 生産性에 결정적인 影響을 미친다고 할 수 있다.

신(1997)은 우리나라의 감자재배 작형은 연중생산이 가능한 춘, 하, 추, 동작 재배가 다 이루어지고 있으나 春作의 比重이 75%를 상회하는 춘작편중 작형으로 洪水出荷로 인한 가격 불안정의 주요인이 되고 있고, 이에 따라 종서생산도 춘작위주로 추진되어 가을재배용 종서의 갱신율은 4~6%대에 머물고 있으며, 현재 전국 씨감자 소요량에 대한 우량씨감자의

공급비율은 정부가 보증하는 보급종이 약 20~25% 정도이며, 그 외에 보급종 규격외서, 도 농업기술원과 시군농업기술센터 등의 지방자치단체, 농협 등 생산자 단체 자체생산 및 민간 업체 또는 개인 생산 종서 등 준종서를 포함하면 대략 60~75%에 달하는 것으로 추정된다고 하였다. 정부보급종은 국가 및 지방기관에서 분담하여 1기작 감자의 경우 양액재배 씨 감자를 이용 채종하여 연간 약 9,400톤의 보급종을 생산공급하여 연간 소요량의 20% 내외를 공급하고, 2기작 품종은 器內小塊莖을 이용하여 460여톤의 보급종을 생산공급하고 있다 (종자관리소, 2003).

1. 種薯生產體系

씨감자는 그 크기와 種類에 따라 組織培養에 의해 생산되는 1g 내외의 MCT (microtuber), MCT 또는 감자묘를 통해 생산되는 3~30g 크기의 MNT(minituber), 일반 식용감자와 구분이 어려운 30~250g 정도의 무게를 갖는 일반씨감자, 감자열매로부터 씨앗을 채종하여 사용하는 진정종자(TPS: True Potato Seeds), 진정종자 또는 조직배양을 통해 생산할 수 있는 경삽묘나 플러그묘 등의 감자묘로 구분할 수 있는데, 이들은 養液栽培나 망실에서의 1차증식 또는 일반토양에서 씨감자 생산을 위해 사용된다(감자총서, 1999). 이러한 여러 종류의 씨감자 生産方法들은 감자가 영양번식 작물이어서 타작물과 달리 병리적, 생리적인 퇴화율이 높아 각 국가나 지역실정과 환경에 따라 적합한 채종방법을 선택하여 왔다.

씨감자 생산 시스템은 기존 품종을 잘 維持·管理하거나 新品種을 개발하는 것, 이로부터 無病株를 도입하는 것, 그리고 增殖過程을 거쳐 보급종 씨감자를 생산하고 이를 販賣하는 일련의 과정이 모두 씨감자 생산 시스템을 구성하는 要素들이다(과학기술정책연구원, 2000).

우리나라에서 씨감자의 생산은 정부의 엄격한 生産計劃과 管理下에 이루어지고 있는데, '50년대에는 단순히 지역적인 이유로 종서의 생리적 조건이 좋기 때문에 북부 지역 1기작 지대의 감자를 중부 또는 남부지역에서 재배하여 농가에서 自家採種하는 형태로 채종이라

기보다는 전년도에 생산한 감자 중 일부를 다음해 종자로 사용하는 원시적인 재생산 형태였다.

국가차원의 종서생산은 1961년에 고령지농업시험장에서 시작했으며, 이때에 비로소 종서생산 단계를 基本種, 基本植物, 原原種, 原種, 普及種의 5단계로 구분하여 생산하기 시작하였다. 1970년에 와서 비로소 종서생산 5단계의 체계화가 확립되면서 기본종, 기본식물의 網室栽培, 地表植物 檢定の 도입, 겨울 後代檢定 실시, 종서검사제도 도입 등 관목할 만하게 제도 및 체계가 확립되었다. 그리고 1975년 이후에는 조직배양에 의한 무병종서 생산연구가 시작되었으며, 우량씨감자 보급은 '76년 국립종자공급소가 설립되면서 본격화되어 1978년에는 조직배양에 의한 무병씨감자의 기내 급속증식 기술이 개발되었다. 1982년부터는 인공씨감자에 관한 연구가 수행되었고, 1987년 이후에 상위급 씨감자 생산에 기내소괴경이 이용되었으나 괴경의 크기가 너무 작아 토양재배시 안정성이 떨어지는 문제점이 있었다. 현재는 기본식물용 씨감자의 전량을 양액재배로 생산, 공급하고 있다. 양액재배를 이용함으로써 농가 보급용 씨감자 생산시 土壤増殖 段階를 과거 6단계에서 4단계로 단축하여 씨감자를 생산하고 있다(감자총서, 1999; 김, 2002; 현, 2002).

이렇게 생산된 보급종을 농민들이 공급받기 위해서는 우선 각 市, 郡, 邑, 面에 신청을 하고 각 도지사는 해당지역의 씨감자 구입요구량을 파악하여 이를 농촌진흥청 종자관리소장에게 通報하고 종자관리소장은 통보받은 요구량 중 품종별 供給可能량을 각 도에 통보한다. 도지사는 통보받은 공급가능량 범위 내에서 시, 군, 읍, 면별로 공급량을 확정하고 시, 군, 읍, 면장은 확정된 공급가능량 범위 내에서 농민의 신청을 접수한다. 신청시기는 봄감자의 경우 10월 및 1~2월에 이루어지고 공급은 11월과 2~3월에 이루어진다. 가을감자는 6월에 신청받아 7월에 공급한다(감자총서, 1999).

濟州地域의 2기작용 씨감자는 '92년까지는 봄, 가을재배용 씨감자를 소량 공급하다가, '93년부터는 봄재배용 씨감자 소요량의 3~5% 정도만 공급하고 가을재배용 씨감자는 원종으로 공급하여 제주도 자체에서 생산 사용토록 하였으며, '98년 이후에는 원종과 보급종공급을 중단하여 제주도 農産物原種場과 시군 농업기술센터 등에서 자체 생산하여 농가에 원종급으로 보급하고 있다. 제주도(2002)의 감자총서 생산과정을 살펴보면 조직배양을 이용한

경삼묘(줄기꺾꽂이묘) 생산단계(무병주 도입단계), 분무경 양액재배에 의한 기본종생산단계(1차증식단계), 망실하우스를 이용한 기본식물(2차증식단계), 원원종(노지재배, 3차증식), 원종(농가자율생산, 4차증식) 생산단계의 4단계를 거쳐 채종하고 있다. 경삼묘 생산과정은 조직배양을 이용 기내에서 shoot를 증식하고 배양용기에서 꺼내 순화시킨 조직배양묘를 필라이트 배지에 정식한 다음 母本室에서 膽液耕을 이용 경삼묘를 생산하게 되는데 이 때 묘생산은 10일 간격으로 插樹를 채취하여 필라이트 배지에 경삼하여 분무경 양액재배용 묘를 생산하고 있다(현, 2002).

2. 組織培養에 의한 人工씨감자 生産

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(Kassanis, 1950; 황, 1985; Wang & Hu, 1985) 이를 急速 增殖시킨 후 발근배양, 순화과정을 거쳐 기본식물을 만들고 이를 포장에서 기본종, 원원종, 원종, 보급종으로 확대 증식하는 5단계 과정을 거쳐 농가에 보급해 왔다(국립종자공급소 원예시험장, 1988). 그러나 이러한 방법은 발근된 유식물체를 봄과 가을 등 감자 재배적기에만 생산하여야 하기 때문에 생산기간이 제한되고, 發根, 馴化, 移植 등의 育苗過程이 복잡할 뿐만 아니라 生存率도 다소 떨어지는 등 大量生産이 매우 어려운 실정이었다(임 등, 1990). 그 뿐만 아니라 생산된 기본종은 부피가 크고, 輸送, 貯藏 등이 어려워 국내 채종지역이 대관령 지역에 편중되는 원인이 되고 있었다. 이러한 채종단계의 복잡성과 대관령지역의 고랭지 채소 재배면적의 급증으로 인한 진딧물 발생량 증가 등 채종환경의 악화는 보급종의 바이러스 罹病率을 높이는 결과('80년 8%→'90년 25%)를 초래하게 되었다(손 등, 1976; 함, 1992). 이러한 이유들로 기존의 基本植物을 이용한 體系를 대신하는 인공씨감자 이용방법이 활발히 연구되어 왔다(Cheng & Zhang, 1989; Choi 등, 1990; Hussey & Stacey, 1981; Kim, 1979; 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 육성 방법에 활용 등 많은 연구자들의 보고가 있었다(Choi 등, 1990; Gifford 등, 1967; 한, 1987; Harmeý 등, 1966; Mingo-Castel 등, 1976; Madec, 1963; Mingo-Castel 등, 1983).

기내에서 생산된 피경의 종서생산에 이용 가능성은 Wang 등(1982)에 의하여 제기되었으며, 이 후 많은 연구자들에 의해 기내 소피경에 대한 연구가 이루어 졌는데, 국내에서는 김(1979)이 기내피경 형성방법을 처음 발표한 이래 목 등(1983, 1984, 1987), 목과 김(1986), 등이 유전자원보존을 위한 器內塊莖形成 연구를 하였고, 한과 임(1989), 임 등(1990), 정(1986), 김 등(1989, 1990), 김 등(1990), 임과 김(1991) 등이 종서생산 적용을 염두에 둔 연구를 시작하여 일부 종서생산에 이용하기 시작하였으며, 백과 박(1989, 1990), 최 등(1991), 김 등(1990, 1991), 이 등(1990), 박 등(1990)에 의해서 각 농업기술원과 일부 농업기술센터 등에서도 생산하여 포장재배 실증시험이 이루어져 왔다.

지금까지 검토된 시험결과에 의하며, 인공씨감자 재배는 播種 후 발아와 생육초기까지 관리가 문제이며, 초장이 15~20cm 이상 자란 후에는 일반종서와 같이 생육이 왕성하게 된다. 그러나 인공씨감자는 일반종서에 비하여 생산단가가 월등히 높고, 수량성도 70%수준이며, 상품성이 있는 큰 감자의 생산성이 낮기 때문에 상품성이 있는 식용감자 생산을 위한 종서로서 인공씨감자를 곧바로 이용할 수 없다는 점이다. 따라서 인공씨감자는 어디까지나 일반종서와 같은 크기의 종서로 만들어서 심어야 한다. 현재 보급종 수준의 공급가격으로 공급하기 위해서는 3차 정도 증식한 피경을 종서로 공급하여야 하며 이를 무병종서로 증식시키기 위해서는 바이러스병을 매개시키는 진딧물을 방지할 수 있는 망실 내에서 재배해야 한다.

조 등(1990)은 기내소피경이 기존의 30~250g 정도 크기인 일반씨감자에 비하여 크기가 0.5~1g 내외로 아주 작기 때문에 저장중 腐敗率이 높고, 포장재배시 초기 생육이 불량하며

立苗率이 낮아 전체적인 수량은 낮은 결점이 있다고 하였으며, 이러한 포장재배의 實用化가 어려워 인공씨감자의 크기증대를 위한 연구가 꾸준히 수행되었으나 큰 진전은 없었다. 이러한 인공씨감자의 단점을 개선한 새로운 기술에 대한 연구가 김 등(1993)에 의해 이루어졌는데, 온실 내에서 대형 유리용기(데시게이터)와 간이 양액상자를 이용해 조직배양 기술과 양액재배 기술을 접목한 감자양액재배를 시도한 결과 포장재배나 기내 조직배양에 비해 양수분 흡수가 용이하고 피경의 성장속도가 빠르며, 수량이 증가된다는 것을 확인하였다.

3. 養液栽培에 의한 種薯生産

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, 압면, 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), Gislerrud & Kempton(1983)은 뿌리와 미생물에 의하여 근권에 산소의 부족이 야기될 수 있다고 하였다. 膽液耕은 양액 내에서 근계를 형성, 발달시키고 인위적으로 용존산소를 공급해 주는 방식으로 주로 엽채류 등의 재배에 이용된다(정 등, 1994). 감자는 담액경, 분무경, NFT경, 고행배지경에서 재배가 모두 가능하지만(강과 김, 1995; 김 등, 1997; 김 등, 1998; 양 등, 2002), 현재 우리나라는 대부분 분무경 방식을 종서생산에 이용하고 있다(강과 김, 1995; 김 등, 1997).

가. 噴霧耕 養液栽培에 의한 種薯生産

감자 양액재배는 1980년대 들어 미국의 National Aeronautics and Space Administration (NASA)에서 우주시대를 대비한 Controlled Ecological Life Support Systems(CELSS: 폐쇄 생태계에서의 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). 또한 Wang 등(1994)이 담액경을 이용하여 배양액 pH 값을 일시적으로 3.5정도로 저하시킴으로써 塊莖形成을 유도할 수 있다고 하였고, Marsh & Perterson(1990)은 체내의 Mn축적과 식물체 형태에 대한 고농도 Mn 스트레스의 영향을 평가하기도 하였다. 국내에서는 김 등(1993)이 감자수경재배에 의한 소서생산에 관한 연구를 수행하였는데, 1991년에 괴경크기의 증대를 목적으로 데시게이터에서 수경재배를 실시하여 괴경의 생산 가능성을 확인하였고, 1992년에는 베드저면물 흘림 방식으로 감자 양액재배를 실시한 결과, 괴경의 크기가 기존의 기내소괴경보다 크고 다수확이 가능하여 실용화가 가능하다고 하였다. 그리고 강과 김(1995)이 감자 양액재배 시스템 및 재배방법 등을 구명하였는데, 이 연구에서 씨감자 생산을 위한 적정 양액재배 방법으로 분무경이 담액경이나 NFT경에 비하여 株當 塊莖數가 많았고, 고시 B액과 고시 C액, 일본원시균형배양액의 0.5배 농도 그리고 야마자키(Yamazaki)액을 분무경 양액재배에 처리한 결과 일본원시균형배양액의 0.5배 농도에서 株當塊莖數가 61.3개로 가장 많았다고 보고하였다.

분무경 양액재배에 이용하는 묘소질에 있어서 Kim 등(1996)은 조직배양묘가 경삽묘에 비해 괴경형성기 10일, 괴경비대기 15일 빨랐으나, 복지장 및 복지수는 경삽묘가 길고 많았으며, 株當서수에 있어서도 조직배양묘에 비해 2.3배가 많아 감자 양액재배에 의한 종서 급속증식수단으로 경삽묘가 효과적이라 하였다. 김 등(1999)은 경삽묘 2주를 모아심은 처리에서 5g以上 塊莖收量이 944개/3.3m²로 가장 많았다고 하였다. 姜과 金(1995)은 감자 양액재배에 의하여 생산된 소괴경은 크기가 작은 것은 0.5g에서 큰 것은 20~30g으로서 일반괴경

에 비하여 작으나 5g 이상이면 포장재배가 쉽고 수량감소가 적으므로 씨감자용으로는 5~10g 정도 크기의 소피경을 많이 생산하는 것이 바람직하며, 品種에 관계없이 여러 가지 양액재배 방식중에서 분무경이 복지생장이 월등히 좋았던 것으로 나타났다고 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 괴경형성이 잘 안되는 경우도 있는데 이러한 괴경형성 처리의 기술적인 문제와 재배특성상 오염의 위험(구 등, 2000)이나 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 시설면적 확대에 어려움을 겪고 있다.

현재 양액재배를 이용한 종서생산은 농촌진흥청 고령지농업시험장과 제주도 농산물원종장 등 20여개 지역에서 실시중이며 기술 정착단계에 있다. 그러나 2002년 기준 전국의 감자 양액재배면적은 1,174평으로(김, 2002) 1개 지역의 평균 시설면적은 약 60평에 지나지 않고 있다.

나. 固形培地耕 養液栽培를 이용한 種薯生産

양액재배가 토양재배와 가장 큰 다른 점은 삼상의 변화이다. 즉, 고상은 사경의 경우 60%이상, 수경은 10%이하, 액상 비율은 담액수경 80%내외, 박막수경 50%내외이고, 기상은 사경 30%, 담액수경 20%내외, 암면경 70%내외, 분무수경 90%내외이다. 이와같이 근권부위의 용존산소 문제를 해결하기 위해 담액경에서 분무경 방식으로, 완충능력을 개선하기 위해 고품배지경으로 발전하여 왔으며, 근권 미생물에 관한 연구가 현재는 미흡하지만 양액재배 방법의 변화를 가져올 것이며, 과다투자를 보완하기 위해 간이식 양액재배 방향으로, 사용자재의 환경오염 문제를 해결하기 위해 순환식 양액재배로 발전할 것으로 생각된다(양액재배의 이론과 실제, 1996).

Do Boodt & Verdonck(1973)는 床土材料의 적정 物理性인 총공극량이 85%, 1kPa에서의 공기 20~30%, 이용수분 20~30% 정도가 적당하다고 제시하였는데, Jo 등(1997)은 총공극량은 펠라이트가 적당하나, 이용수분은 피트모스와 펠라이트가 과다한 반면, 버미큘라이트(vermiculite)는 약간 부족하고, 바크(bark)와 osmunda는 너무 낮은 수준이어서 수분소모가 작은 작물이외에는 사용이 제한되어야 할 것이라고 하였고, Son 등(2000)은 배지내 식양토량의 증가는 공극량(porosity)을 감소시킨 반면, 피트모스의 증가는 수분량을 증가시키고, 심지관수상태 하에서 식물 생육시 화분내수분량(water content)은 식물종의 뿌리발육과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타나 배지의 수분량(moisture capacity)만으로 적정배지를 선정하는 것은 문제가 있다고 하였다.

배양토 물리성 중 식물에 가장 많은 영향을 미치는 것은 수분량과 공극률의 상대적 비율로 알려져 있는데, Reed(1996)에 따르면 펠라이트는 배지내 공극률을 높이고 안정적인 것이 특징이고, EC에 가장 영향을 적게 주는 배지로서 물리·화학적으로 안정되어 있고, Wilson(1986)은 펠라이트의 활용성을 높이 평가하였으며, 펠라이트의 有效水分含量을 높일 수 있도록 피트모스, 입상 암면 등을 첨가하면 물리성이 안정된 배지가 만들어질 수 있다고 보고하였다(조 등, 1981; Benoit & Ceustermans, 1990; Lee 등, 1993). Beardsell 등(1979)은 피트모스는 단위면적당 蒸發量이 높으나 초기 수분흡수가 좋지 않다고 하였다.

제주지방에 많이 매장되어 있는 화산석인 송이(20억~200억^m 추정, 제주도농업기술원, 1998)는 보수성과 배수성, 통기성이 우수하여 방울토마토, 축성 딸기 등에서 생산성 시험연구 결과 송이 자체의 성분은 암면에 함유되어 있는 성분과 비교하여도 화학적으로 안정되어 있다고 하였다(Chang & Kim, 1992). 宋 등(1992)은 제주산 송이를 고품배지로 하여 겨울철 방울토마토 양액재배시험을 실시한 결과 재배 후 토마토의 뿌리가 송이와 분리하기 쉽고, 송이를 세척하고 소독하기가 매우 간편할 뿐 아니라, 사용 후의 공해문제가 전혀 없어 외국에서 많이 사용하고 있는 암면재배 등에 비해 통기성, 보수성 등이 우수하여 양액재배의 고품배지로서 적합하다고 하였다. 이 등(1997)은 송이배지에 양액을 관주시켰을 때 양액에 의해 탈착되어 나오는 성분은 질소와 칼슘 및 나트륨이었고, 공시양액 중에 들어있는 농도보다 나트륨 성분은 20% 내외, 질소와 칼슘은 약 10%가 증가되었고, pH변화는 pH 5.7

로 조절된 양액의 초기에는 pH가 6.8로 높아 졌다가 점차 낮아져 120일째는 pH가 4.6이 되었다고 하였다. 또한 Chang 등(1992)은 송이는 암면큐브(rock wool cube), 펠라이트 및 토양재배구에 비해 흡수, 배수의 보수성이 우수하고, 수량·당도에 있어서 다른 배지구에 비해 차이가 없었으며, 송이의 크기는 직경 3~12mm 범위의 것을 혼합 사용하는 것이 좋다고 하였다.

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 실내식물 관리시 문제가 되는 관수횟수의 조절과 화분 바닥으로 흘러내리는 剩餘水分을 효율적으로 제어할 수 있고, 물과 비료의 소비량이 가장 적을 뿐만 아니라 생육에도 좋으며, 심지의 규격 및 배양토의 조성이 용기내의 수수량에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다고 하였다. 또한 Argo 등(1995)은 배양토는 식물의 생육, 개화와 결실에 영향을 줄뿐만 아니라 수분의 흡수 시간과 위조 시간에도 영향을 준다고 하였다.

박 등(1999)은 분화생산연구에서 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 흙 속을 비료가 느리게 이행하는 것을 식물체가 도중에 흡수 이용하며 표층으로의 집적도 일어나지 않고 비료의 효율도 높아질 수가 있다고 하였다.

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; 구 등, 2000; 김, 1998; 양 등, 2002)로 시설확대에 어려움이 있어 이를 극복할 수 있는 기술들이 연구되어 왔는데, 고령지농업시험장(1998)에서 분무경과 담액경을 혼합한 수기경 시스템에 관한 연구를 통해 분무경의 근권부 완충능을 향상시키는 연구가 이루어지고 있다. 또한 배지경 양액재배도 안전재배에 염두를 두고 연구가 진행되어 왔는데, 김 등(1997)은 培地種類별 양액재배에서 혼합상토가 223개/3.3㎡, 야자피트배지에서 180

개/3.3m²를 생산한데 비하여 필라이트 배지에서는 297개/3.3m²의 괴경을 생산하여 좋은 결과를 얻었고, 감자줄기껍질이요 재식거리별 필라이트배지경 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). 또한 양 등(2002)은 배지경 양액재배에서 필라이트와 EPS(expanded polystyrene)의 1:1(v/v) 혼합배지가 總薯重에서 봄재배시 2.8kg/m²와 가을재배시 3.0kg/m²으로 양호하며 배지비용도 가장 경제적이었다고 하였다.

그러나 김(1998)은 배지경은 정전시 완충능이 좋고 피목비대가 없어 상품성 및 저장력이 향상되는 장점이 있으나, 배지상 정식 및 수확작업의 노력이 필요하며 분무경에 비해 수량이 적고, 배지소독이나 교환 등이 어려운 것이 단점이라고 하였다.

3. 감자의 栽培環境과 生理



김(1991)은 窒素施肥, 土壤水分 및 栽培方法이 감자의 生育, 收量 및 乾物率에 미치는 영향에 관한 연구에서 감자의 생육시기별 수분스트레스에 의한 수량의 감소는 수미(superior)와 셰포디(shepody)품종은 괴경비대기, 대지(dejima)품종은 出現期에 가장 컸으며, 특히 上薯收量이 크게 감소하였고, 괴경성숙기의 수분스트레스는 건물율을 크게 증가시키고 還元糖含量을 감소시켜 품질이 향상되었다고 하였다. Haverkort(1982)는 감자의 생육에 적당한 氣像要因은 강수량 400~800mm가 전체 생육기간동안 필요하고, Epstein(1966)는 萌芽의 出現은 27~29℃, 出現 후 생육은 21~24℃, 괴경비대는 地溫이 22℃일 때 가장 증수되며, 29℃ 이상에서는 급격한 감소를 보인다고 하였다. Wheeler 등(1986)은 12시간 정도의 日長이 괴경비대에 좋으며, Haverkort(1986)는 日射量이 많을수록 괴경비대가 촉진되어 수량이 증가된다고 보고하였다. Fox(1916)는 수량과 온도와의 관계에 있어서 12~20℃이외의 온도에서는 負의 相關이 있다고 하였으며, Bodlaender(1960), Bushnell(1925) 등은 대부분의 감자 품종에서 괴경형성과 비대는 15~20℃가 최적온도라 하였고, Gregory(1954)는 지온 역시 수량에 큰 영향을 미치며, 15~18℃정도의 지온에서 최대수량을 얻을 수 있다고 하였다.

Bates(1935)는 그의 연구에서 莖數는 괴경의 무게에 비례하여 증가한다고 하였고, Jarvis 등(1973)은 수량과 종서 크기, 재식거리 및 莖數와의 관계에 관한 연구에서 괴경당 莖數는 해마다 차이가 매우 심하다고 하였고, 품종 또는 종서의 연령, 저장조건에 따라 다르며, 莖數가 결정되는 것은 생육초기에 이루어지고, 생육이 진전됨에 따라 증가하는 경우는 드물다고 하였다.

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

감자의 栽植密度에 관한 연구에서 김 등(1992)은 조생종인 경우에는 재식주수가 증가함에 따라 초장이 길고 엽면적지수가 높는데 비하여, 만생종인 경우는 疏植區부터 密植區에서 오히려 엽면적지수가 감소되는 경향을 보였다고 하였다. 그리고 대지(dejima)품종은 중만생종으로 栽植密度間 차이가 크지 않았고, 연차간 생육환경에 의한 차이로 생각되며, 일반적으로 휴폭이 75cm이하인 경우 재식거리에 상관없이 품종간에 莖數 차이를 인정할 수 없다고 하였다. 또한 가을감자 栽植密度 및 시비량 시험에서 김 등(1979)은 대지품종의 적정 栽植密度는 10a당 6,600~8,330주에서 증수되었고, 김 등(1992)의 감자 재식거리 시험에서 密植區인 70×20cm가 관행구인 75×25cm에 비해 총수량 및 상서수량도 많았다고 하였다.

Headford(1962)에 의하면 浴光催芽는 종서의 활력이 약할 때, 종서의 절편부패 및 흑지병 침입의 위험이 있을 때 실시하면 효과적일 수 있다고 하였고 島와 伊藤(1995)도 浴光催芽 처리는 무처리에 비하여 出現이 빠르고 수량도 증수된다고 보고한 바 있다.

제주도의 감자재배는 1년 2기작 재배가 이루어져 왔기 때문에 연작에 의한 장해발생이 많고 또한 이모작재배가 많으며 주로 이병성 품종인 대지가 재배되고 있어 더뎡이병의 발생을 더욱 확산시키는 결정적 역할을 하고 있으며(김, 1999; 홍, 2001), 이 병에 대한 여러 가지 방제방법들에 대한 연구가 이루어지고 있으나 아직까지 확실한 방제책은 제시되지 못하고 있다. 木村(1981)은 더뎡이병의 발생요인으로 토양온도, 토양 pH, 통기성 등을 꼽았으

며, 임 등(1990)은 연작할수록 발생이 증가하고, 논에 재배하면 밭재배에 비해 발생이 감소한다고 하였다. 또한 토양수분은 감자 품질과 더덩이병의 발생에 관여하며(Carr, 1989; 木村, 1981), 방제를 위해 관수에 대한 연구가 필요한 것으로 제안되었다(Kobayashi, 1989).

Neeno-Eckwall과 Schottel(1999)은 *Streptomyces*의 변종이 생산하는 항생물질을 이용한 생물적 방제연구를 실내시험을 시도하여 효과가 좋았다고 하였고, 현재까지 더덩이병 병원균 발생을 억제시키는 抗菌物質 생산 또는 拮抗微生物 접종에 의한 방법 등이 시도되고 있는데, 실내시험과 소규모 포장시험에서는 좋은 결과를 보였으나 대단위 포장시험에서의 효과입증에는 다소 문제가 있는 것으로 보고되었다(neeno-Eckwall & Schottel, 1999).

함 등(1993)은 감자의 절편부패는 切斷薯를 오염토양에 播種時 밀폐보관, 절단면을 햇볕에 노출하거나, 고온에 보관할 때의 순으로 부패정도가 심하였으며, 절단전후 불량환경이 예상되면 만코젯(mancozeb) 분의처리가 절단부패병(seed-piece decay) 방제에 뚜렷한 효과를 보였다고 하였다.



Ⅲ. 材料 및 方法

本 研究은 2002년 2월부터 2003년 1월까지 제주시 아라 1동 1번지에 소재한 제주대학교 농업생명과학대학 연구실습센터 유리온실 및 포장(33°27' 20" N, 표고 277m)에서 噴霧耕産 種薯의 심지양액재배시 床土別 적정 栽植密度 구명(시험 1), 심지양액재배시 적정 수평형심 지수 구명(시험 2), 噴霧耕産 種薯의 크기별 심지양액재배 生産性(시험 3), 분무경산 종서의 切斷栽培 可能性 檢討(시험 4), 심지재배를 위한 養分供給方法 개선(시험 5) 및 심지재배산 종서의 圃場生産 能力檢定(시험 6) 등 6項目의 시험을 수행하였다.



Fig. 1. Glass house for development of the wick hydroponic system(left) and the field testing productivity of seed tuber produced by the wick hydroponics(right).

1. 供試品種 및 材料

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.

감자 심지양액재배 시스템개발연구에 사용된 種薯는 스티로폼 성형베드(폭 58cm×높이 28 cm×길이 120cm) 7개를 연결하여 4 set를 제작한 분무경 양액재배 시스템을 이용하여 자체적으로 생산하였다(Fig. 2와 Fig. 3).



Fig. 2. 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. 3. Potato plants growing(left) and mini-tuber, which used for this study on the development of the wick hydroponic system, formed(right) in the aeroponic system.

Fig. 2는 심지재배기술개발 연구를 위해 사용한 씨감자생산용 분무경 양액재배시스템에 사용한 모터펌프, 양액통, 양액여과기 그리고 양액의 관리를 위해 사용한 pH와 EC meter이며, Fig. 3은 조직배양묘의 정식 직후와 70일 후의 생육(좌)과 괴경이 착생(우)되어 비대 중인 사진이다.

연구에 사용된 분무경산 소괴경은 조직배양을 통해 생산된 묘를 2001년 8월 31일에 삼각 플라스크에서 꺼내 馴化시킨 다음 9월 6일 분무경 양액재배 시스템에 정식 후 90일경인 12월 4일에 7일간 綠化하여 수확하였다.

수확한 씨감자를 4℃ 저온저장고에 저장하였다가 그 이듬해인 2002년 2월 16일에 저온저장고에서 꺼내 浴光催芽시킨 종서를 봄작기에 수행한 시험 1과 시험 2에 사용하였다. 또한 가을작기에 수행한 시험 3, 4 및 시험 5에는 2002년 2월 28일에 분무경 양액재배시스템에 정식하여 5월 28일에 녹화 후 수확하여 4℃ 저온저장고에 저장하였다가, 같은 해 7월 30일에 꺼내어 浴光催芽시킨 종서를 사용하였다. 그리고 시험 6에서 봄재배시험은 2001년 가을작기에 생산된 심지재배산 종서를 사용하였고, 가을재배시험은 2002년 봄작기에 시험 1과 2에서 생산된 심지재배산 종서와 분무경 양액재배시스템에서 생산된 종서를 사용하였다.

Table 1. Air temperature(°C) in a glasshouse during the growing period.

			Glass house			Outdoor		
			Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
Spring cropping	Mar.	L [†]	36.4	12.6	24.5	23.8	6.9	15.4
		E	35.2	11.9	23.6	25.4	9.2	17.3
		M	33.5	13.6	23.6	24.4	8.6	16.5
	Apr.	L	30.0	16.5	23.3	25.5	14.5	20.0
		E	25.9	13.0	19.4	24.1	12.0	18.1
		M	27.3	13.0	20.1	23.5	12.4	17.9
	May	L	32.7	13.4	23.1	28.3	14.0	21.2
		E	39.3	15.0	27.1	31.4	14.9	23.1
June	M	40.8	15.8	28.3	33.5	16.0	24.8	
	M	34.6	17.4	26.0	27.0	16.8	21.9	
Fall cropping	Sep.	L	44.0	15.4	29.7	26.9	15.2	21.1
		E	38.6	13.1	25.9	27.6	12.3	19.9
	Oct.	M	37.2	14.4	25.8	25.1	12.9	19.0
		L	27.4	12.4	19.9	16.9	7.9	12.4
	Nov.	E	26.2	10.4	18.3	17.4	5.6	11.5
		M	25.6	9.9	17.8	20.9	4.4	12.7
	Dec.	L	24.3	7.1	15.7	19.8	3.9	11.8
		E	24.0	6.0	15.0	22.0	3.0	12.5

Abb. : Max., maximum temperature; Min., minimum; Avg., average.

[†] E, early; M, middle; L, late.

Table 1은 감자의 심지재배기간 중의 온실내부와 온실외부의 온도를 나타내었으며, 대체적으로 감자의 생육과 괴경비대에 큰 지장이 없었다.

2. 감자 심지양액재배 시스템(Wick Hydroponic System)

안정적인 우량씨감자 생산을 위해 자체 제작한 심지양액재배 시스템(Fig. 4)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.E필름을 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.

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

심지재배연구에 사용된 양액은 Table 2의 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 100ℓ용량의 플라스틱통 2개를 연결하여 사용하였고, 用水는 수돗물을 이용하였고, 용수의 소독목적으로 처리되는 염소제거를 위해 3일 정도 정지 후 사용하였다.

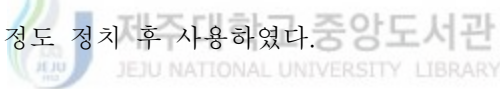


Table 2. Mineral elements composing the nutrient solution used for this experiment[†].

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.

아래 Fig. 4는 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.

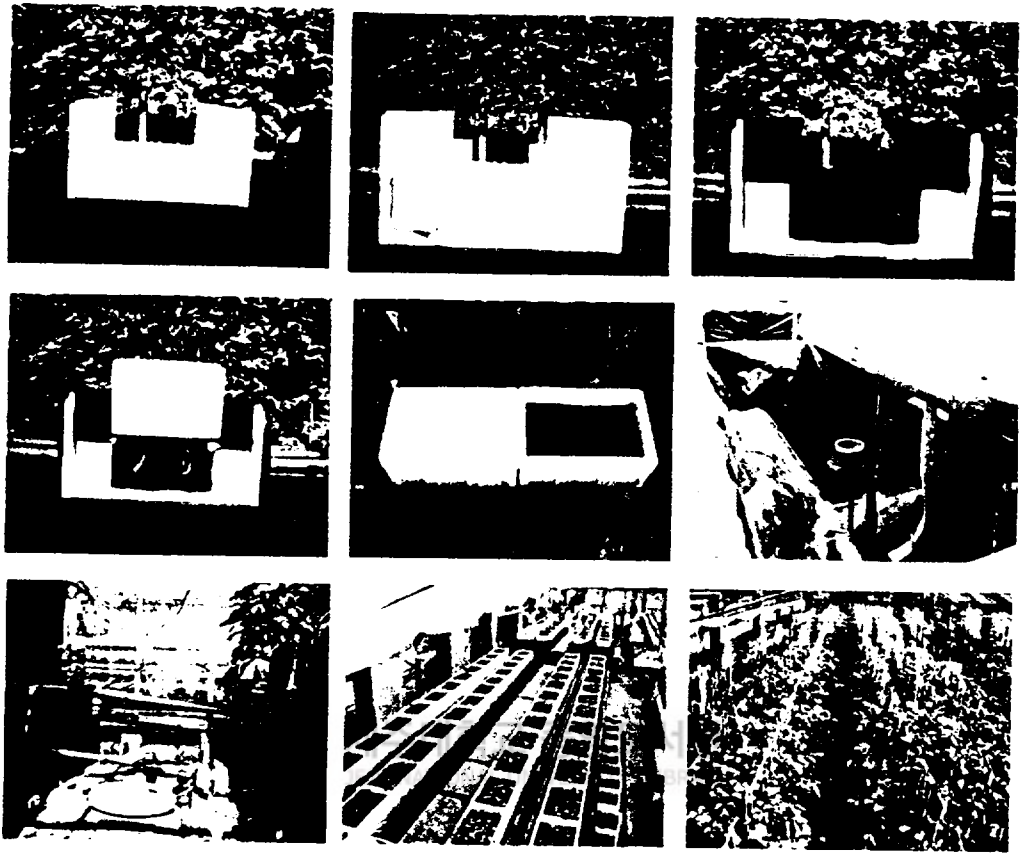


Fig. 4. Manufacture process of the wick hydroponic system and potato plant growing in the system.

3. 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.

試驗에 사용한 종서는 2001년 가을에 분무경 양액재배시스템에서 생산된 무게가 7g인 소피경을 이용하였으며, 작물재배용 폴리스티렌상자에는 제조된 혼합배지를 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.

4. 심지양액재배시 적정 수평형심지수 구명

폴리스티렌상자의 내부 밑면에 심지를 수직으로 세워 재배(강 등, 2003)할 경우 배지충진 작업의 어려움과 식물체의 뿌리가 쉽게 심지에 부착하여 심지의 재사용에 있어서도 문제를 일으키는 것으로 나타나 이를 개선하기 위하여 폴리스티렌상자 바닥에 2, 4, 6, 8, 10개의 심지를 성형상자 내부로 15cm정도 나오도록 돌출시킨 다음, 수평으로 상자의 밑면에 눕혀서(horizontal shape) 시험을 수행하였다.

시험처리는 상자당 2, 4, 6, 8, 10개의 심지를 상자의 밑면에 눕힌 처리와 6개의 심지를 수직(vertical shape)으로 세운 대조구와 비교하였고, 난괴법 4반복으로 시험구를 배치하였다. 시험재료는 분무경산 소괴경 7g 크기의 종서를 이용하였고, 播種은 浴光催芽시킨 종서를 2002년 3월 22일에 폴리스티렌 상자당 6주를 재식하였다. 사용배지는 펠라이트+피트모스(1:2, v/v)를 혼합하여 사용하였으며 상자당 20ℓ 씩 충전하였다.

播種 70일 후에 出現率 등의 생육조사를 하였고, 6월 21일에 수확하여 등급별 수량 등의 特性을 조사하였다.

5. 분무경산 종서의 크기별 심지양액재배 생산성

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 심지 재배시스템에 播種하였다.

栽植密度는 폴리스티렌상자당 9주를 播種하였고, 펠라이트+피트모스(1:2, v/v) 배지를 20ℓ 씩 충전하였으며, 8개의 심지를 꽂아 상자의 밑면에 눕혀 양액을 흡수하게 하였다.

시험구는 난괴법 4반복으로 배치하였고, 播種후 70일에 생육관련형질을 조사하였으며, 12

월 12일에 수확하여 수량관련형질을 조사하였다.

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. 시험재료는 봄작기에 생산된 분무경산 소피경을 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 충진된 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.

7. 감자의 심지재배를 위한 양분공급방법 개선

심지를 이용하여 비료염을 직접 원수에 녹여 양액을 식물에 공급할 경우 심지가 양분을 함유하게 되므로 식물체의 뿌리가 심지에 부착되어 농작업을 어렵게 하고, 또한 지속적인 양분의 흡수로 인해 상토에 염이 축적되어 배지의 재활용에 문제가 되므로 상토 조제시 몇 가지 완효성비료와 단비를 사용하여 이의 사용가능성을 검토하고자 시험하였다.

시험처리는 대조구인 양액처리(Table 1), 단비(N:P:K=15:10:12kg/10a)처리, 폴리스티렌상자(0.032m²)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.

시험에 사용한 단비와 완효성비료에 대한 성분조성은 Table 2에 나타내었고, 단비는 제주지역 가을감자 재배시 권장량을 기준하여 시비량을 결정하였으며, 요소와 염화加里 그리

고 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 꽃아 상자의 밑면에 놓혀 설치하였고, 펄라이트+피트모스(1:2, v/v) 혼합상토를 20ℓ 씩 충진하여 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 3. 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 ²	-	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 ²			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 하이보ッフ스ジャパン.

8. 심지재배산 종서의 포장생산 능력검정

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 멀칭 재배를 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.

Table 4. Meteorological factors during the growing period in Jeju province[†].

			Air temperature(°C)						Precipitation(mm)		Hours of sunshine	
			Average		Maximum		Minimum		2002	Normal	2002	Normal
			2002	Normal [‡]	2002	Normal	2002	Normal				
Spring Cropping	Mar.	M [§]	12.9	8.8	16.7	12.2	9.0	5.4	11.0	32.2	69.9	48.8
		L	11.7	10.1	15.2	13.4	8.8	6.8	25.9	29.5	61.3	58.2
	Apr.	E	14.4	11.9	18.0	15.4	10.9	8.4	15.0	30.6	55.4	60.7
		M	15.4	13.5	18.5	17.3	11.8	9.7	24.5	27.7	43.3	65.6
	May	L	15.9	15.3	19.0	19.1	12.9	11.4	25.6	33.9	49.6	69.0
		E	16.0	16.4	18.4	20.3	14.0	12.6	79.0	32.8	19.2	67.7
Fall Cropping	June	M	16.7	17.3	19.1	21.1	14.7	13.5	58.0	35.7	41.9	69.2
		L	19.4	18.7	22.3	22.5	16.7	15.3	4.6	19.7	84.3	81.1
	Aug.	E	21.7	20.0	26.0	23.8	18.2	16.7	1.5	33.5	98.5	66.3
		L	26.4	25.7	29.1	28.6	23.8	23.0	211.0	113.7	64.5	65.0
	Sep.	E	24.3	24.4	26.6	27.3	22.0	21.5	1.8	67.1	55.2	57.9
		M	21.8	22.6	24.4	25.6	19.7	19.7	137.6	57.8	63.6	55.9
Oct.	L	21.6	21.0	24.6	24.0	18.7	18.0	4.5	63.2	66.5	54.9	
	E	20.0	19.6	23.5	22.8	16.7	16.3	18.0	33.5	73.5	61.6	
Nov.	M	19.4	18.0	22.5	21.2	16.3	14.7	66.7	25.7	56.3	57.3	
	L	13.5	16.1	16.3	19.3	10.7	12.6	27.6	19.7	30.6	61.2	
	Nov.	E	12.0	14.7	15.0	18.1	9.1	11.3	8.2	24.1	41.0	49.7
		M	10.3	12.7	13.7	15.8	7.4	9.6	0.4	24.1	45.2	41.8

[†] Data: Jeju Regional Meteorological Office, Jeju-si, Jeju-do, Korea.

[‡] The normal year(1971~2000).

[§] E, early; M, meddle; L, late.

생육기간 중의 기상상태(Table 4)를 보면, 강수량은 가을재배가 봄재배에 많았으며, 봄재

배의 강수량은 평년에 비하여 적었으며 가을재배는 많은 편이었다. 일조시수도 봄재배가 평년에 비해 적었고 가을재배는 비슷하였다.

9. 생육과 수량형질의 특성조사 기준

1) 심지양액재배의 생육과 收量形質調査

생육조사는 播種 후 70일 경에 莖長과 莖徑 등에 대한 조사를 하였으며, 수량조사는 播種 후 90일 경에 시험구 전체를 수확한 후 특성조사를 실시하였다.

出現率은 出現株數/播種個體數 \times 100의 식으로 측정 후 산출하였고, 葉長과 葉幅은 식물체의 부위에서 가장 큰 엽의 길이와 폭을 조사하였고, 葉重은 播種 70일후에 식물체의 가장 생육이 좋았던 부위의 엽을 채취하여 전자저울로 稱量하였고 10개를 測定 후 平均하였다. 莖長은 主莖의 地面으로부터 최상단까지의 길이를, 莖數는 지상으로 나온 主莖數를 測定하였다. 그리고 株當地上部生體重은 播種 90일 후에 시험구 전체의 지상부만을 수확하여 측정한 후 시험구 재식주수로 평균한 값을 이용하였으며, 地上部生體重/m²은 播種 90일후에 시험구 전체의 지상부만을 수확하여 측정한 후 m²로 환산한 값을 이용하였다. 生育不良個體數는 出現은 되었으나 莖長과 莖徑이 각각 15cm와 3mm 이내인 식물체로 塊莖形成이 거의 이루어지지 않은 식물체의 수를 조사하였다.

株當塊莖數는 시험구 전체에서 수확된 塊莖數를 재식주수로 換算하였고, 株當 5g以上 塊莖數는 수확된 시험구내에서 5g이상 크기의 괴경을 조사주수로 나누어 算出하였으며, 株當塊莖收量은 시험구 전체를 수확한 후 수확한 個體數로 나누어 산출하였고, 總塊莖收量/m²은 시험구 전체를 수확한 후 m²로 환산하였다.

塊莖數/m²는 試驗區를 수확하여 시험구 전체의 塊莖數를 m²로 환산하였고, 塊莖平均重은 株當塊莖收量을 株當塊莖數로 나눈 값을, 5g以上 塊莖平均重은 株當 5g以上 塊莖收量을 株當 5g以上 塊莖數로 나눈 값이다. 株當 5g以上 塊莖收量은 시험구 전체를 수확한 5g이상 크기의 塊莖收量을 播種個體數로 환산하였으며, 5g以上 塊莖收量/m²은 5g이상 크기의 시험구 전체 塊莖收量을 m²로 환산하였다.

2) 포장재배시 생육과 收量形質조사

포장재배에서의 생육과 收量形質에 대한 특성조사도 심지양액재배에서와 마찬가지로 播種 70일 후에는 생육조사를, 90일경 후에는 수량에 대한 조사를 실시하였다.

特性調査는 農村振興廳(1995) 農事試驗研究調查基準에 의하여 실시하였는데, 出現所要日數는 出現所要日數시부터 40~50% 정도가 출현한 出現終까지 소요일수를 산출하였고, 出現率은 $\frac{\text{출현個體數}}{\text{播種個體數}} \times 100$ 의 식으로 산출하였으며, 葉長과 葉幅은 株當 最大葉의 最大長과 幅을 播種 70일 후에 조사하였고, 莖數는 지상으로 나온 主莖數를 측정하고, 莖長은 주경의 地面으로부터 最上位節 끝까지의 길이를 측정하였다.

株當塊莖數는 시험구 전체에 대하여 조사된 塊莖數를 조사주수로 나누어 산출하였고, 塊莖平均重은 시험구 전체에 대하여 조사된 塊莖收量を 시험구 전체의 塊莖數로 나눈 값이며, 株當서중은 시험구 전체의 塊莖收量を 시험구 播種個體數로 나누어 산출한 값이다.

10a당 總薯重은 10a의 면적에서 생산된 塊莖收量を 播種된 시험구 전체를 수확하여 10a의 면적으로 환산하였으며, 10a당 土薯重은 1개의 괴경무게가 81g 이상인 감자가 10a에서 생산된 무게이고, 10a당 種薯規格薯重은 1개의 괴경무게가 31~250g 사이인 감자가 10a에서 생산된 무게이다.

IV. 결 과

순환식 심지양액재배 시스템을 이용한 우량씨감자 생산기술을 개발하기 위하여 2002년 봄과 가을에 걸쳐 상토별 적정 栽植密度 구명, 심지양액재배시 적정 수평형심지수 구명, 분무경산 중서의 크기별 심지양액재배 생산성, 분무경산 중서의 절단재배 가능성 검토, 심지재배시 상토의 재사용을 위한 양분공급방법 개선 그리고 심지양액재배산 중서의 포장생산 능력을 검정한 시험결과는 다음과 같다.

시험 1. 심지양액재배시 상토별 적정 栽植密度 구명

가. 生育形質



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, 93 주/m²)를 播種 70일이 경과한 후의 生育形質에 대한 조사결과는 Table 5와 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 5. 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 형질은 상자당 9, 12 및 15주의 栽植密度 처리 사이에서는 그 차이가 미미하였다.

株當莖數는 처리간 차이에 대해 유의성이 인정되지 않았다. 莖徑은 密植처리에 비해 疏植할수록 대체로 두꺼워지는 결과를 보였는데, 상자당 9, 12 및 15주 처리는 각각 6.27, 6.31

및 6.00mm로 큰 차이가 없었다.

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 생각되었다.

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.

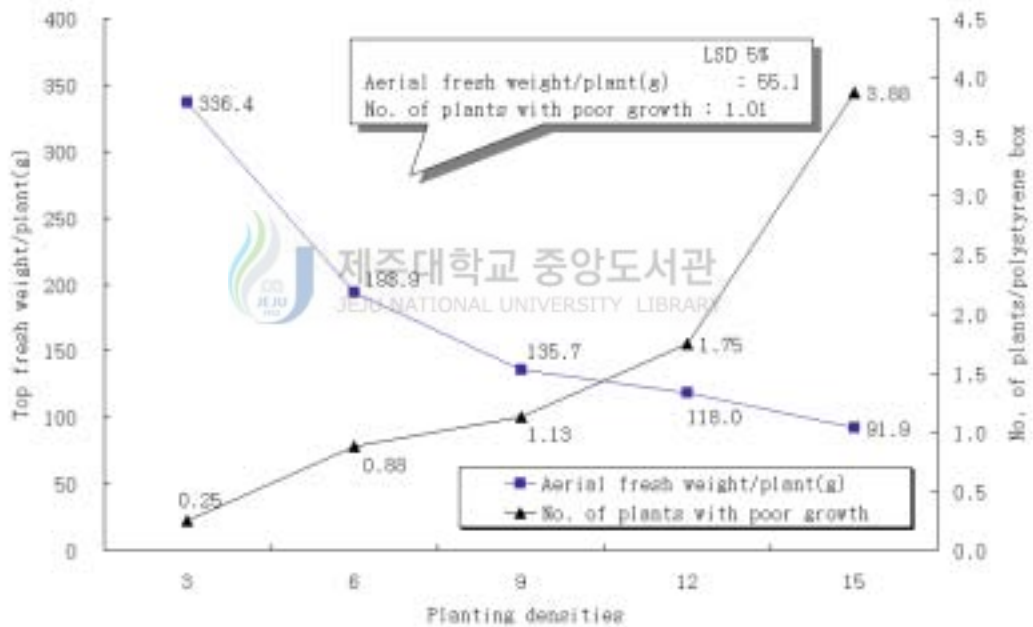


Fig. 5. Effect of planting densities on aerial fresh weight per potato plant and number of plants with poor growth per polystyrene box in the wick hydroponic system at 70 days after planting. No. of plants with poor growth; Number of plants per polystyrene box which had growth conditions that stem length and diameter is less than 15cm and 3mm, respectively.

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. 5), 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 15

cm와 3mm 이내로 생육상태가 불량했던 個體數를 조사한 결과(Fig. 5), 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. 收量形質

培地種類와 栽植密度에 따른 收量形質의 변화를 播種 92일후에 조사한 결과, 수량관련형질은 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 펠라이트 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 펠라이트 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 6. 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 펄라이트 혼용배지가 219g으로 제주송이(scoria) 혼용배지보다 39g정도 많았으며, 3주 처리구에서 336g이던 것이 15주 처리구에서는 126g으로 栽植密度가 증가함에 따라 株當塊莖收량이 감소하였다.

總塊莖數/m²는 펄라이트 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, 필라이트혼용배지가 제주송이혼용배지에 비해 각각 2.6kg정도 씩 많았다.

5g以上 塊莖數도 密植할수록 101개에서 269개로 증가하는 경향이었으며, 필라이트 혼용 배지가 제주송이(scoria) 혼용배지보다 57개 정도가 많은 217개였다(Fig. 6과 7).

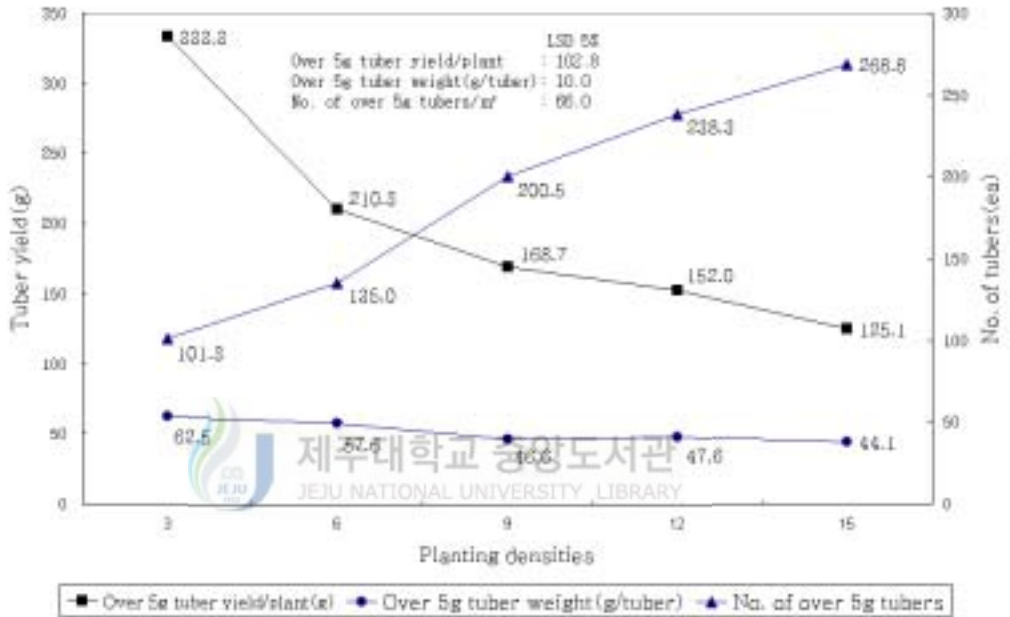


Fig. 6. Effect of planting density on the yield traits of potatoes harvested at 90 days after planting.

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, 필라이트혼용배 지가 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.

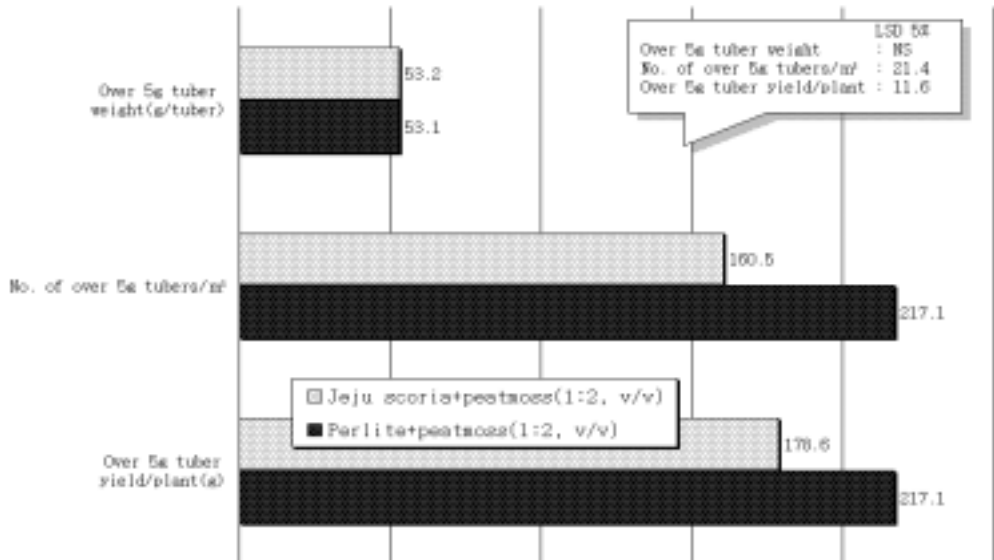


Fig. 7. Effect of two mediums treated in wick hydroponic system on some yield traits of tuber harvested at 92 days after planting.

5g이상 괴경비율은 모든 처리에서 98%이상을 보였으나 처리간 유의성은 없었으며, Fig. 8은 播種 후 92일 경에 수확한 폴리스티렌 상자당 塊莖收量을 나타낸 그림이다.

培地種類와 栽植密度에 따른 심지재배산 괴경의 등급별 수량분포(Table 7)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. 8. Different of tuber yield per polystyrene box by two mediums with planting densities(3, 6, 9, 12 and 15 plants/polystyrene box).

Table 7. 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
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
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. 形質間의 相關과 回歸

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 8과 9에 나타내었는데, 相關關係를 나타낸 Table 8에서 보면 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 없었다.

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 낮은 편이나 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/m²와 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.

Table 8. 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

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.

栽植密度 변화에 따른 생육과 收量形質들에 대한 경향비교 결과, 塊莖收量과 관련된 형질 들은 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 9. 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.

시험 2. 심지양액재배시 적정 수평형심지수 구명

심지양액재배 시스템에서의 심지는 식물에게 양분과 수분의 흡수를 가능케 하는 중요한 요소이다. 그러나 수직(vertical shape)으로 심지를 세워 작물을 재배하는 경우(강 등, 2003)에 심지가 농작업, 즉 식물체지지 등을 위해 사용하는 배지의 충진작업을 곤란하게 하고, 심지가 식물체와 근접하게 되어 생육초기부터 뿌리가 심지에 부착되어 심지의 재사용에도 문제가 있다. 따라서 수평형 모양(horizontal shape)으로 심지를 폴리스티렌상자의 바닥에 놓혀 설치하여 배지충진작업과 뿌리부착 등의 문제를 해결하고자 수행하였으며, 수직형 심지수 6개 처리의 대조구를 두어 수평형 심지수 처리들과 비교하였고, 그 결과는 다음과 같다.

가. 生育形質



수평모양의 심지수 변화에 따른 분무경산 씨감자의 生育形質에 대한 특성조사 결과를 보면 (Table 10과 Fig. 9), 播種 70일후의 生育形質은 出現率을 제외하고는 모든 형질에서 처리간 유의성이 인정되었으며, 심지수가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

Table 10. Effect of the number of wicks treated in wick hydroponics on growth characters at 70 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponics[†].

No. of wicks	Emergence rate(%)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems /plant	Stem diameter (mm)
Control [‡]	100.0	25.7	17.1	7.41	1.17	7.09
2 [§]	100.0	18.7	12.9	3.39	1.13	4.72
4	100.0	23.6	17.1	6.56	1.05	7.06
6	100.0	26.7	19.6	8.20	1.21	7.93
8	100.0	27.5	20.2	8.47	1.54	8.04
10	95.8	27.9	20.3	8.98	1.50	8.13
LSD 5%	NS	2.02	2.10	1.43	0.36	0.83

[†] Seed tubers used in this experiment were produced through aeroponic system in 2001, fall cropping.

[‡] Experiment plot with 6 wicks of Vertical shape.

[§] Number of wicks with horizontal shape, which lay it down on the inner part of polystyrene box.

出現率은 처리간에 차이가 없었으며, 심지수가 10개인 시험구를 제외하고는 100% 出現하였다.

葉長은 심지수를 증가시킬수록 길어졌으며 심지수 6, 8, 10개인 처리는 葉長이 27cm내외 정도로 양호하였으며, 葉幅은 수직모양의 심지수 처리(control)보다 수평모양의 심지가 더 긴 결과를 보였으며, 수평형 심지에서는 심지수 2개인 처리구가 12.9cm으로 가장 짧았으며, 심지수가 증가할수록 길어지는 경향을 보여 10개 처리구에서 20.3cm로 가장 넓었다.

葉重도 심지수가 많을수록 증가하였고, 수평형의 심지수 6개 처리는 대조구에 비해 약간 긴 결과를 보였고, 株當莖數가 대조구보다 많았던 처리는 수평모양의 심지수 8개와 10개 처리구로 각각 1.54개와 1.50개였으며, 대체로 심지수가 증가할수록 증가하는 경향이였다.

莖徑은 심지수 2개 처리구가 4.72mm로 가장 가늘었으며, 수평모양의 심지수 6, 8, 10개 처리구는 7.93~8.13mm의 범위로 수직형모양의 심지수 6개 처리의 대조구보다 두꺼웠다.

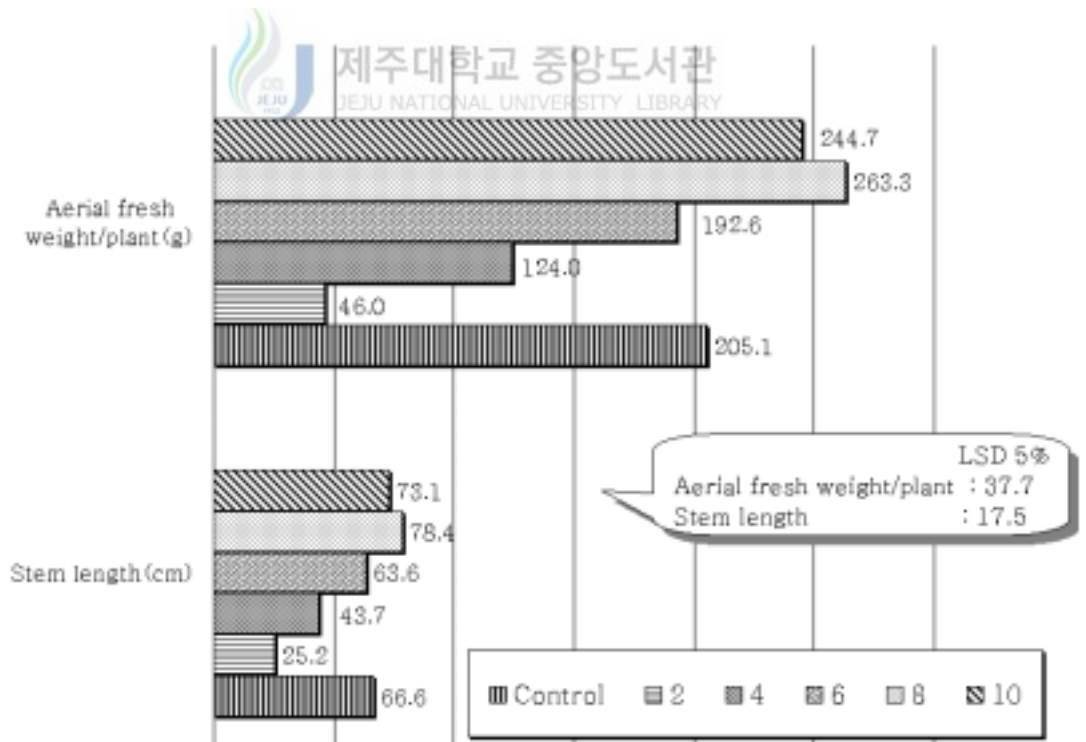


Fig. 9. Effect of the number of wicks treated in wick hydroponics on aerial fresh weight/plant and stem length at 70 days after planting.

株當 지상부 생체중은 심지수 8개까지는 46g에서 263g으로 증가하다가 심지수 10개 처리구에서는 다소 감소하는 경향을 보였다. 莖長도 株當 地上部生体重과 같은 경향이었는데, 심지수 8개 처리에서 78.4cm로 가장 길었으며 이보다 많거나 적은 심지수에서는 생체중이 감소하였다(Fig. 9).

심지수에 따른 播種 후 70일의 生育形質은 수직형 모양의 심지수 6개인 대조구에 비하여 수평형 심지모양의 심지수 4개와 6개 처리가 대부분의 형질에서 비슷한 결과를 보여 수평형 모양의 심지로 대체하여도 가능할 것으로 생각되었고, 특히 심지수 8, 10개 처리구는 모든 生育形質에서 대조구보다 매우 우수한 결과를 보여 주었다.

수평형심지수가 많을수록 生育形質도 양호한 경향을 보였으며, 폴리스티렌 상자당 6, 8, 10개 처리구는 出現率, 葉長, 葉幅 등의 모든 生育形質 間에 그 차이가 미미하여 처리간 차이가 없었는데, 오히려 株當莖數와 莖長 그리고 株當 地上部生体重에서는 심지수 8개 처리구가 이보다 많은 10개 처리구보다 더 높아 생육이 좋은 것으로 나타났다.

심지수가 2개인 처리구에서 葉長, 葉幅, 葉重, 莖徑 그리고 생체중 등의 형질이 매우 불량하였는데, 이것은 펠라이트 혼용배지에서 대기로의 직접적인 증발과 식물체에 의한 증발산을 보상하기에 심지수 2개로 흡수되는 양수분이 부족하여 수분스트레스에 의해 식물체의 생육이 불량하게 되었다고 생각되었다. 그리고 수평모양의 심지수 4개인 처리구도 심지수 2개 처리보다는 생육이 좋지만 심지수 6개와 비교하면 생육상태가 낮다고 볼 수 없어, 수직형이든 수평형 모양이든 간에 심지수가 최소 6개 이상은 되어야 식물생육에 지장이 없을 것으로 생각되었다.

나. 收量形質

수평형 모양의 심지수 변화에 따른 播種 후 92일의 收量形質에 대한 조사결과는 Table 11과 Fig. 10에서 보는 바와 같다.

Table 11. Effect of the number of wicks treated in wick hydroponics on yield characters at 92 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponics.

No. of wicks	No. of tubers/plant	Average tuber weight (g/tuber)	Total tuber yield/m ² (g)	Over 5g tuber weight(g/tuber)	Over 5g tuber yield/plant(g)
control [†]	6.06	42.3	9,481.3	55.0	252.9
2	3.88	13.4	1,920.2	17.2	48.8
4	8.14	22.6	6,793.8	30.2	178.0
6	10.33	25.9	9,911.1	32.7	262.8
8	8.71	38.5	12,404.6	47.3	331.1
10	9.78	36.2	13,095.6	46.1	349.1
LSD 5%	2.70	6.4	2,394.3	9.6	61.6

[†] Experiment plot with 6 wicks of Vertical shape.

株當塊莖數는 수평형심지수 2개 처리구에서 3.88개로 가장 적었고, 이를 제외한 처리구는 수직형심지가 6개인 대조구에 비해 2.1~4.3개 정도가 더 많았으며, 수평형심지수 6개 처리구에서 株當 10.33개로 가장 많았다.

塊莖平均重은 심지수가 2개에서 8개로 증가하면 13.4g에서 38.5g으로 증가하다가 심지수 10개에서는 36.2개로 다소 감소하였으며, 수직형심지를 갖는 대조구는 42.3g으로 가장 무거웠으나 심지수 8개, 10개 처리구와는 유의한 차이가 없었다.

總塊莖收量/m²은 심지수가 증가할수록 급격한 증가를 보였으며, 심지수 6개와 대조구와는 비슷한 수량을 보였고, 심지수 8, 10개 처리구에서는 각각 12.4kg, 13.1kg으로 대조구에 비해 각각 30.8, 38.1%가 증수된 결과를 보였다.

심지재배산 종서는 크기가 5g 이상이 되면 씨감자로 이용이 가능한데, 무게가 5g이상이 되는 株當塊莖數는 2.84~8.04개의 범위를 보여 그 폭이 컸으며, 수평형심지수가 6개 이상 처리구에서 7.0~8.0개로 대조구에 비해 2.4~3.4개 정도가 더 많았다(Fig. 10).

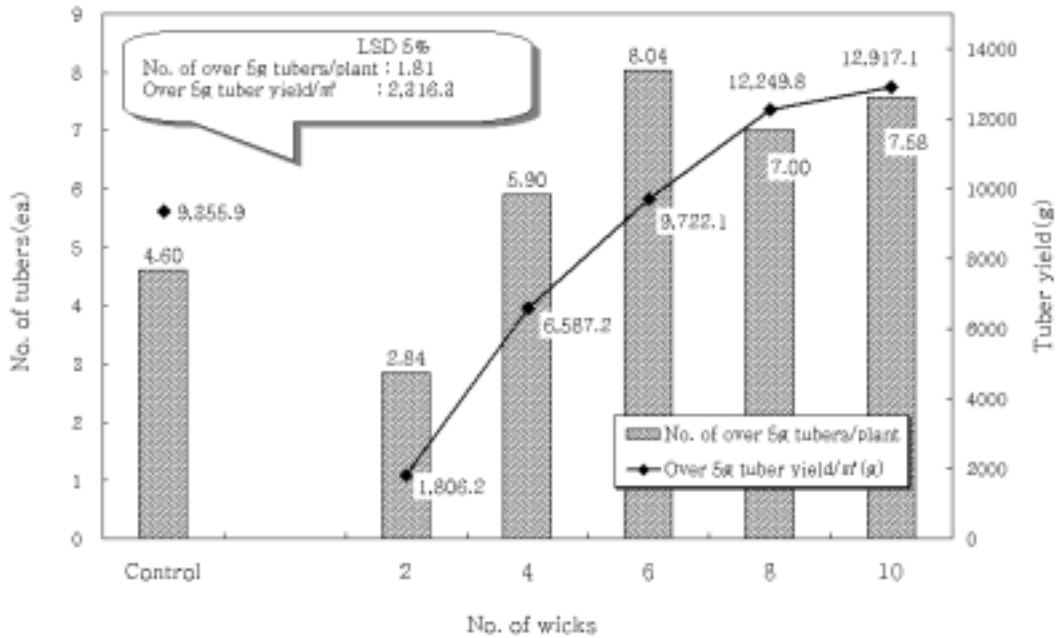


Fig. 10. Effect of the number of wicks treated in wick hydroponics on number of over 5g tubers/plant and over 5g tuber yield/m² at 92 days after planting 'Dejima' potato produced through aeroponics.

5g 이상 되는 괴경의 塊莖平均重은 심지수 변화에 따른 무게변화가 塊莖平均重과 비슷한 경향으로 유의한 차이를 보였는데, 대조구가 55g으로 가장 무거웠으며, 심지수 8개 처리구에서 47.3g으로 그 다음이었고, 심지수 2개인 시험구는 17g으로 가장 가벼웠다. 5g 이상 塊莖平均重은 塊莖平均重에 비해 약 8.2g정도가 무거운 것으로 나타났다.

5g 이상 塊莖收量/m²도 總塊莖收量/m²의 심지수에 따른 수량변화와 비슷하여 심지수가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

폴리스티렌상자(W×D×L:31×20×51cm)당 수평형심지수 6개처리인 수직형심지수 6개처리인 대조구와 生育形質과 수량성에 있어 비슷하거나 양호한 결과를 보여 심지를 상자내부에 배치하는 형태에 관계없이 심지수가 6개이면 식물생육에 지장이 없었고, 수평형의 심지수 8개와 10개 처리는 生育形質과 수량성에 있어서 유의한 차이가 없었으며, 오히려 株當莖數, 莖長, 地上部生체重 등에서 차이는 미미하나 약간의 우수함을 보였고, 배치충진과 수확작업 그리고 심지비용 등을 고려하여 종서생산을 위한 심지양액재배 시스템에 있어서 적정한 심

지수는 8개로 상자내부의 밑면에 수평모양으로 놓혀 설치하는 것이 바람직하다고 생각된다.

그리고 Fig. 11에서 보는 바와 같이 수직모양으로 심지를 세워 재배하는 경우에 播種된 씨감자가 심지 가까이에 있게 되고, 이로 인해 식물체의 뿌리가 심지에 부착될 기회가 증가되어 심지를 이용하여 양액이 있는 베드의 밑면까지도 침투하였고(Fig. 11의 C), 또한 수확 작업을 할 때에도 심지에 부착된 뿌리로 인해 상자에서 심지가 뽑히는 문제점(Fig. 11의 A와 B)이 있었다. 뿌리가 베드 안으로 침투하는 것은 수직형에 비해 감소하기는 하였으나 크게 줄어들지는 않았고, 수직형의 심지가 분리되는 문제점은 심지를 상자의 밑면에 놓혀 배치함으로써 줄일 수 있었다(Fig. 11의 D, E 그리고 F).



Fig. 11. Adhesion of potato root to the wick during harvesting: Vertical wick(A, B and C) and horizontal wick(D, E and F). The arrows show the state of wicks at harvesting; Wick of A and B pulled off the polystyrene box on harvesting.

Fig. 11의 C는 수직형으로 심지를 설치했을 때 식물체의 뿌리가 폴리스티렌 상자의 심지 구멍으로 침투하여(Fig. 11의 C-1) 베드내로 많은 양의 뿌리가 심지에 부착된 것을 볼 수 있으며, Fig. 11의 D와 E는 괴경을 수확하기 위해 충전된 배지를 열어 놓은 그림으로, 심지에 부착된 뿌리가 줄어들었고(D) 이로 인해 심지가 상자에서 분리되지 않음(E)을 알 수 있다.

수평형 심지수에 따른 심지재배산 괴경의 등급별 수량분포 결과(Table 12)를 보면 4g이하 등급수량에서는 처리의 차가 없었고 이외의 등급수량은 처리의 차가 인정되었다.

Table 12. Yield distribution by class of potato tubers produced using the wick hydroponic system as affected by the number of wicks.

No. of wicks	Tuber yield (g/m ²)					Total	Rate of over 5g tuber yield (%)
	Under 4g	5~10g	11~30g	31~80g	Over 81g		
Control	125.4	137.2	1,056.9	3,637.0	4,524.8	9,481.3	98.7
2	114.0	260.6	788.5	757.1	0.0	1,920.2	94.1
4	206.6	364.0	1,642.4	3,443.2	1,137.6	6,793.8	96.9
6	189.0	442.8	1,925.1	5,156.4	2,197.8	9,911.1	98.1
8	154.8	242.7	1,469.7	4,855.2	5,682.3	12,404.6	98.8
10	178.5	280.5	1,567.6	5,397.8	5,671.2	13,095.6	98.6
LSD 5%	NS	166.0	654.5	1,596.2	2,107.6	2,394.3	NS

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

심지수가 많아질수록 괴경의 비대가 더 일어난 경향을 보여, 심지수가 많을수록 식물체에 양수분의 충분한 공급이 이루어져 괴경비대에 좋은 영향을 준 것으로 생각되었다. 특히, 수평형의 심지수 8개와 10개 처리구는 수평형 심지 6개 처리보다 81g이상 등급수량이 2배 이상 더 높게 나타났고 포장재배시 생산성이 높은 10g이상의 수량도 대조구에 비해 높았다. 수평형 심지 6개 처리에서는 31~80g 수량이 높게 나타났고, 8개와 10개 처리구에서는 31~80g과 81g이상 수량이 다른 등급의 수량보다 높게 나타났다. 5g이상 괴경비율은 94.1~98.8% 범위를 보여 매우 높게 나타났으나 처리 간에 유의한 차이는 없었다.

아래의 Fig. 12는 播種 92일후에 수확한 폴리스티렌 상자당 塊莖收量을 보여주고 있는데, 수평형 심지수가 많을수록 수량도 증가하고 있으며, 심지수 8개와 10개처리에서는 수량차이가 크지 않았다.

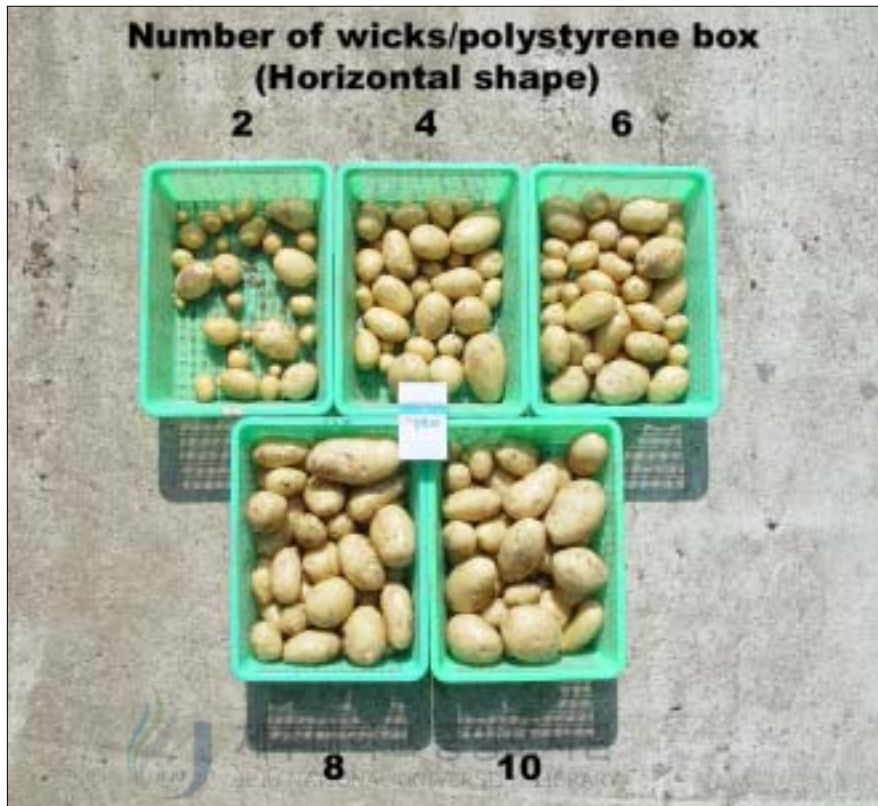


Fig. 12. Difference of tuber yield per polystyrene box(9 plants) as affected by the number of wicks per polystyrene box with horizontal shape.

다. 形質間의 相關과 回歸

Table 13과 14에 심지수에 따른 생육과 收量形質들 간의 相關關係와 유의한 결과를 보인 회귀식을 나타내었다.

株當地上部生体重은 葉長(0.894), 葉幅(0.813), 葉重(0.866), 莖徑(0.850), 莖長(0.859) 등의 生育形質과 높은 正의 相關을 보였고, 塊莖收量/m²(0.930)과 5g以上 塊莖收量/m²(0.932)과도 正의 相關關係가 매우 높았다. 또한 株當塊莖數(0.754)와 株當 5g以上 塊莖數(0.733)와도 높은 正의 相關을 보였다. 그리고 葉長, 葉幅, 葉重, 莖徑, 莖長은 塊莖收量/m², 5g以上 塊莖收量/m²과 높은 正의 相關을 보였고 株當塊莖數, 株當 5g以上 塊莖數와도 正의 相關을 보였다.

Table 13. Correlation coefficients among the agronomic traits of potato grown on the system treated several number of wicks in the wick hydroponics.

	Leaf length(cm)	Leaf width (cm)	Leaf weight (g/leaf)	No. of stems/plant	Stem diameter(mm)	Stem length(cm)	Aerial fresh weight/plant(g)
Emergence rate (%)	-0.140	-0.142	-0.106	-0.153	-0.153	-0.178	-0.152
Leaf length (cm)		0.919**	0.938**	0.365*	0.906**	0.824**	0.894**
Leaf width (cm)			0.924**	0.395*	0.858**	0.740**	0.813**
Leaf weight (g/leaf)				0.399*	0.897**	0.704**	0.866**
No. of stems /plant					0.349*	0.249	0.449**
Stem diameter (mm)						0.697**	0.850**
Stem length (cm)							0.859**

	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 (kg)
Emergence rate (%)	-0.221	-0.021	-0.193	-0.267	0.008	-0.192
Leaf length (cm)	0.713**	0.654**	0.928**	0.727**	0.655**	0.929**
Leaf width (cm)	0.790**	0.481**	0.891**	0.812**	0.447**	0.889**
Leaf weight (g/leaf)	0.730**	0.610**	0.893**	0.734**	0.619**	0.891**
No. of stems /plant	0.327*	0.205	0.470**	0.429**	0.120	0.472**
Stem diameter (mm)	0.790**	0.527**	0.899**	0.795**	0.544**	0.896**
Stem length (cm)	0.475**	0.739**	0.806**	0.539**	0.689**	0.811**
Aerial fresh weight/plant(g)	0.621**	0.745**	0.930**	0.662**	0.733**	0.932**
No. of tubers /plant		0.055	0.761**	0.968**	0.081	0.752**
Average tuber weight (g/tuber)			0.632**	0.124	0.965**	0.641**
Total tuber yield/m ² (g)				0.787**	0.627**	0.987**
No. of over 5g tubers/plant					0.094	0.782**
Over 5g tuber weight(g/tuber)						0.634**

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

경향비교결과 유의성이 인정된 형질에 대한 회귀식이 Table 14인데, 회귀식에 의해 구한 적당한 심지수는 종서생산에 있어 중요한 형질인 株當 塊莖數와 5g以上 塊莖數/株는 8개 정도가 알맞은 심지수였고, 塊莖收量/m²에 있어서는 10개가 적당한 것으로 나타났다.

Table 14. Significant regression equation with coefficients of determination relating number of wicks with horizontal shape and the agronomic traits and the calculated optimum planting density for tuber yield traits.

Variable	Regression equations	r ² or R ²	Opti. no. of wicks
Leaf length(cm)	$Y^{**}=12.6+3.671429X-0.214286X-0.214286X^2$	0.9981	
Leaf width(cm)	$Y^{**}=7.4+3.207143X-0.196429X^2$	0.9880	
Leaf weight(g/leaf)	$Y^{**}=-0.4+2.15X-0.125X^2$	0.9273	
No. of stems/plant	$Y^{**}=0.5+0.15X$	0.7500	
Stem diameter(mm)	$Y^{**}=2.6+1.421429X-0.089286X^2$	0.9832	
Stem length(cm)	$Y^*=-9.2+18.071429X-0.964286X^2$	0.9791	
Aerial fresh weight/plant(g)	$Y^{**}=-82.4+67.778571X-3.410714X^2$	0.9763	
No. of tubers/plant	$Y^{**}=-0.2+2.578571X-0.160714X^2$	0.9147	8.0
Average tuber weight(g/tuber)	$Y^*=1.4+6.364286X-0.267857X^2$	0.9243	
Total tuber yield/m ² (g)	$Y^{**}=-4058.2+3324.364286X-160.517857X^2$	0.9991	10.4
No. of over 5g tubers/plant	$Y^{**}=-0.4+2.05X-0.125X^2$	0.9070	8.2
Over 5g tuber weight(g/tuber)	$Y^*=12.3+3.85X$	0.9133	
Over 5g total tuber yield/m ² (kg)	$Y^{**}=-416.6+3287.464286X-157.767857X^2$	0.9990	10.4
Rate of over 5g tuber yield(%)	$Y^*=87.2+2.942857X-0.178571X^2$	0.9630	

Independent variable is the number of wicks with horizontal shape; 2, 4, 6, 8, 10/polystyrene box.

시험 3. 분무경산 종서의 크기별 심지양액재배 생산성

분무경 양액재배를 통해 생산된 씨감자를 크기별로 분류하여 심지양액재배에 이용될 수 있는 적절한 씨감자의 크기를 구명하고자 2002년 가을에 시험을 수행하였다.

가. 生育形質

심지양액재배에 있어서 분무경산 종서크기가 播種 70일 후의 生育形質에 미치는 영향을

조사한 결과는 Table 15와 Fig. 13에서 보는 바와 같다.

Table 15. 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.

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

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 괴경의 크기가 1g에서 20g까지는 1株當 46.2g에서 100.0g으로 완만한 증가를 보이다가 40g의 종서크기에서는 139.1g으로 급격한 무게증가를 보였다(Fig. 13).

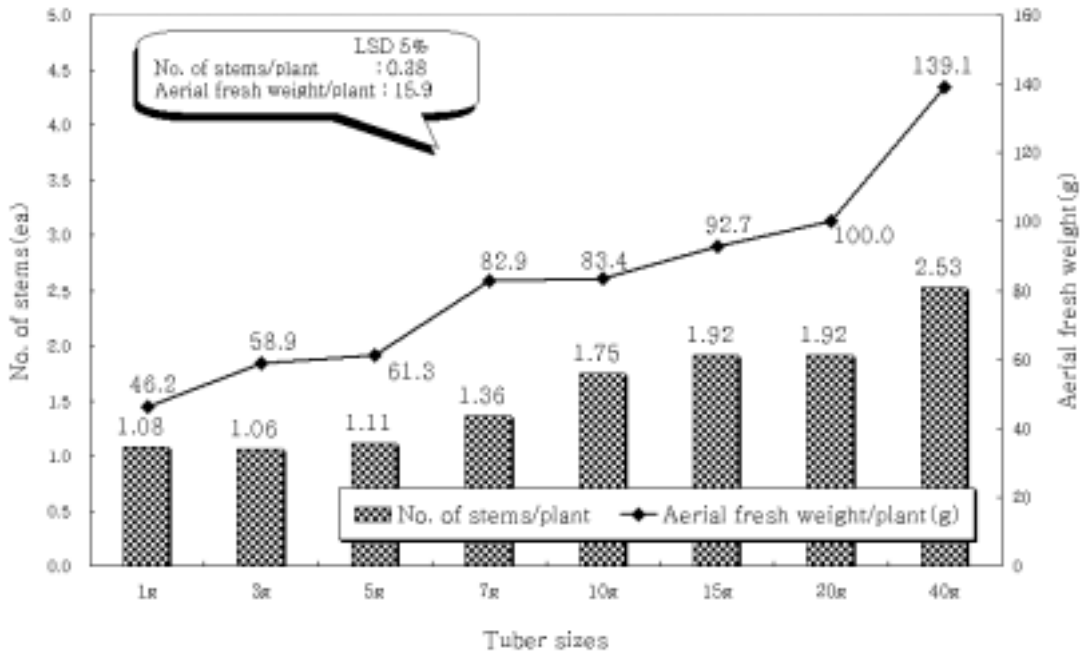


Fig. 13. Effect of several tuber sizes treated in wick hydroponics on the number of stems and aerial fresh weight per plant at 70 days after planting of 'Dejima' seed potato produced through aeroponic system.

나. 收量形質

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 畝경크기 간에 유의한 차이가 없었으나, 씨감자로 이용할 수 있는 크기인 5g 이상 塊莖數는 畝경크기가 무거울수록 증가하였으며 1.9~3.1개 범위를 보였는데, 모든 처리에서 5g이상의 畝경을 1m²당 100개 이상이 생산되었으며, 특히 畝경크기가 7g이상이었을 경우 株當 5g以上 塊莖數가 2.5개 이상으로 나타나 5g이상의 畝경을 1m²당 140개 이상을 생산할 수 있었다.

Table 16. 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.

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량이 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.

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 적정한 크기는 5g 이상크기면 수량성 등에 큰 지장이 없을 것으로 생각되었다.

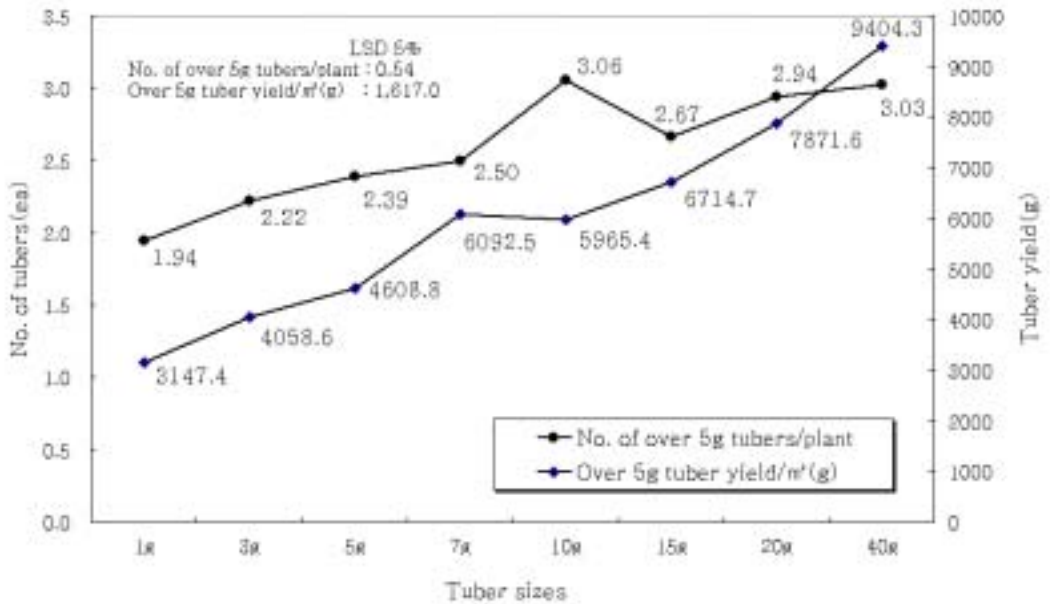


Fig. 14. Effect of several tuber sizes treated in wick hydroponics on yield characters at 91 days after planting.



그리고 분무경산 소서 즉, 5g미만의 분무경산 씨감자는 總塊莖數의 20~30%정도(제주도 농업기술원, 1997, 1998)로서 이에 대한 재활용의 방안으로 소서를 펠라이트 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.

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 최아시 충분한 莖數를 확보할 수 있게 처리를 하는 방법 등을 이용하면 단

위면적당 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, 5g 미만의 종서에 대한 재식본수와 栽植密度 등에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

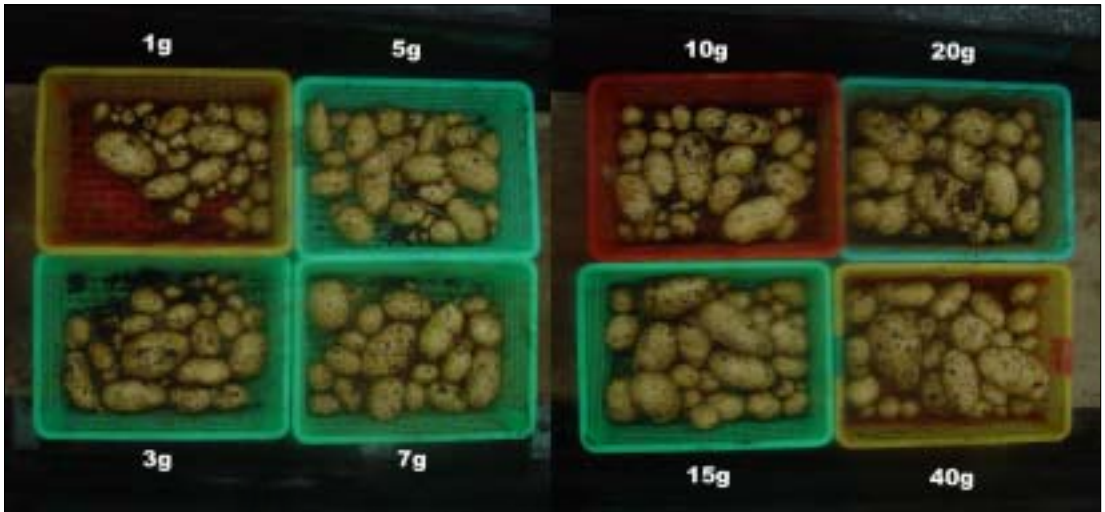


Fig. 15. Tuber yield per polystyrene box as affected by several aeroponic tuber sizes treated in the wick hydroponic system.

Fig. 15는 분무경산 종서를 크기별로 분류하여 심지양액재배시스템을 이용하여 재배한 후 播種 91일후에 수확하였고, 폴리스티렌 상자당 塊莖收量を 보여주는 수확직후의 그림이다.

분무경산 종서의 크기에 따른 등급별 수량분포(Table 17)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 17. 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.

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

다. 形質間의 相關과 回歸

Table 18과 19에 분무경산 중서의 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 間에 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 18. 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 19)에서 구한 최대의 塊莖數를 얻을 수 있는 분무경산 종서크기는 25~29g 사이에 있었으며, 최대의 塊莖收量을 얻을 수 있는 종서크기는 38g 정도의 무게였다.

Table 19. 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.

시험 4. 분무경산 종서의 절단재배 가능성 검토

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. 生育形質

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 조사결과를 Table 20과 Fig. 16에서 보는 바와 같다.

Table 20. 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 괴경

의 상처로 인해 정아우세성이 타파된 결과로 보인다. 그리고 동일한 피경크기 내에서는 4절보다는 2절로 절단한 피경이 株當莖數가 많은 경향이었는데, 이는 동일한 크기의 피경을 절단시 2절보다는 4절로 절단한 것이 피경 1쪽 당 눈의 수가 적었던 데 기인한 것으로 생각된다.

莖徑도 전서를 심은 처리구가 6.02~6.46mm였고, 절단된 피경을 播種한 처리구는 5.24~5.64mm로 전서가 절단서보다 두꺼운 경향이었으며, 차이는 미미하나 동일한 피경크기에서는 4개로 절단한 것보다 2개로 절단한 피경이 두꺼웠다.

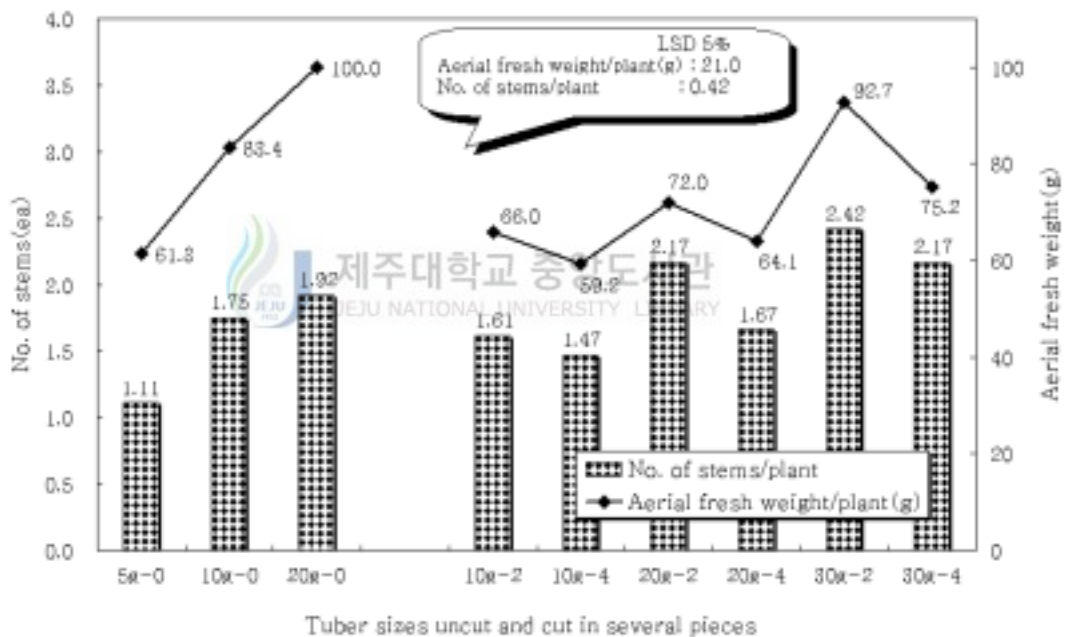


Fig. 16. Effect of several uncut tubers and number of seed-pieces treated in wick hydroponics on the number of stems and aerial fresh weight per plant at 70 days after planting.

莖長은 절단서가 43.4~55.4cm의 범위에 있었는데, 피경크기 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 피경의 절편무게가 증가할수록 생체중도 증가하는 경향이었으며, 절편무게가 5g인 처리, 즉 5g 전서, 10g 2절, 20g 4절은 처리 간에 차이가 없었고, 피경의 절편무

계가 5~10g인 처리 간에는 생체중에 있어서도 그 차이가 微微하였다.

나. 收量形質

심지양액재배시 몇 가지 크기의 전서와 절편수가 播種 91일후의 收量形質에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 21과 Fig. 17에서 보는 바와 같다.

Table 21. 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 20.

[‡] 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 처리 간에 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 전서처리에 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%이상으로 모든 처리에서 높게 나타났다.

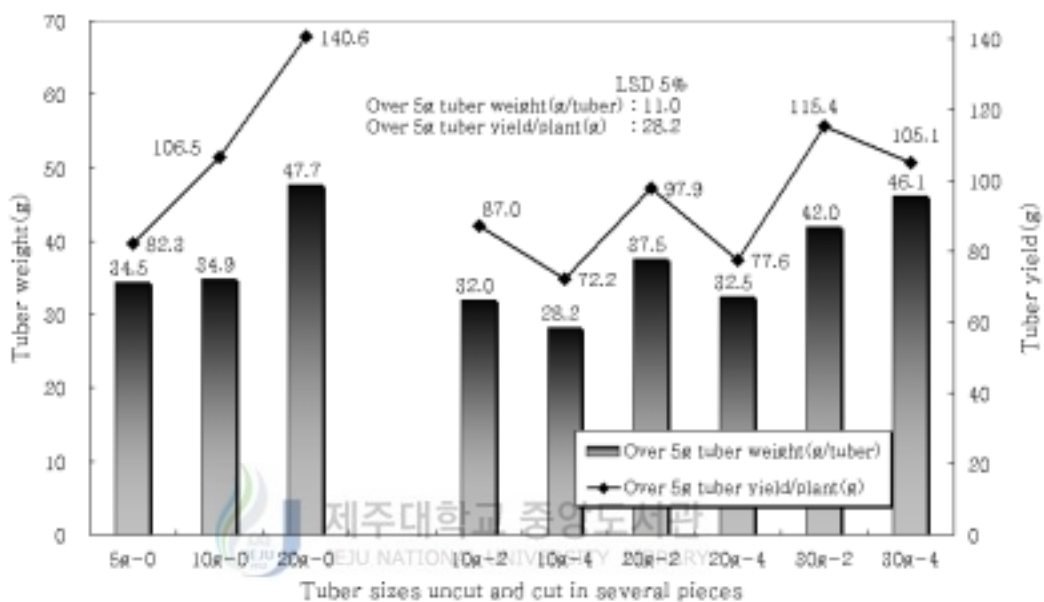


Fig. 17. Effect of several uncut tubers and number of seed-pieces treated in wick hydroponics on over 5g tuber weight and over 5g tuber yield/plant at 91 days after planting.

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 경향이었으며, 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 소괴경은 2절로 절단하여 사용하고, 20g이상의 소괴경은 4절하여 사용하여도 지장이 없을 것으로 생각되었다.

분무경산 종서의 전서와 절단처리시 심지양액재배에 의해 생산된 괴경의 등급별 수량분포(Table 22)를 보면, 81g이상의 등급수량을 제외하고는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그리고 81g이상 등급수량에서 보면 전서처리와 절단처리에 상관없이 종서크기가 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 22. 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. 形質間의 相關關係

Table 23에 분무경산 중서에 몇가지 전서와 절단처리시 생육과 收量形質들 간의 相關關係를 나타내었다.

Table 23. 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 매

우 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.

시험 5. 심지재배를 위한 양분공급방법 개선

심지를 이용한 양액재배시스템은 ‘ㄷ’자형의 성형베드를 이용하여 양액이 일정한 깊이로 흐르게 제조하여, 심지를 양액이 흐르는 베드로 늘어 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 펄라이트 혼용배지에 시비하여 시험하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

가. 生育形質

심지재배시 질소, 인산, 가리의 단용비료와 오스모코트 등 몇 가지 완효성비료를 펄라이트 혼용배지에 시비하여 播種 70일후의 生育形質에 대한 조사결과(Table 24)를 보면, 씨감자의 최아상태가 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 완

효성비료를 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, 마갑프케이(Magamp K) 47g처리가 가장 가늘었다.

Table 24. 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 2 for explanation of nutrient solution composition.

[§] Controlled release fertilizers; See Table 3 for explanation of fertilizer features.

[¶] Controlled release fertilizer rate per polystyrene box.

莖長(Fig. 18)은 양액공급을 한 처리가 51.8cm, 멀티코트 100g이 45.6cm, 오스모코트 80g 처리가 43.3cm의 순으로 길었으며, 완효성비료를 증시한 경우의 莖長도 유의하게 늘어나는 경향을 보였다.

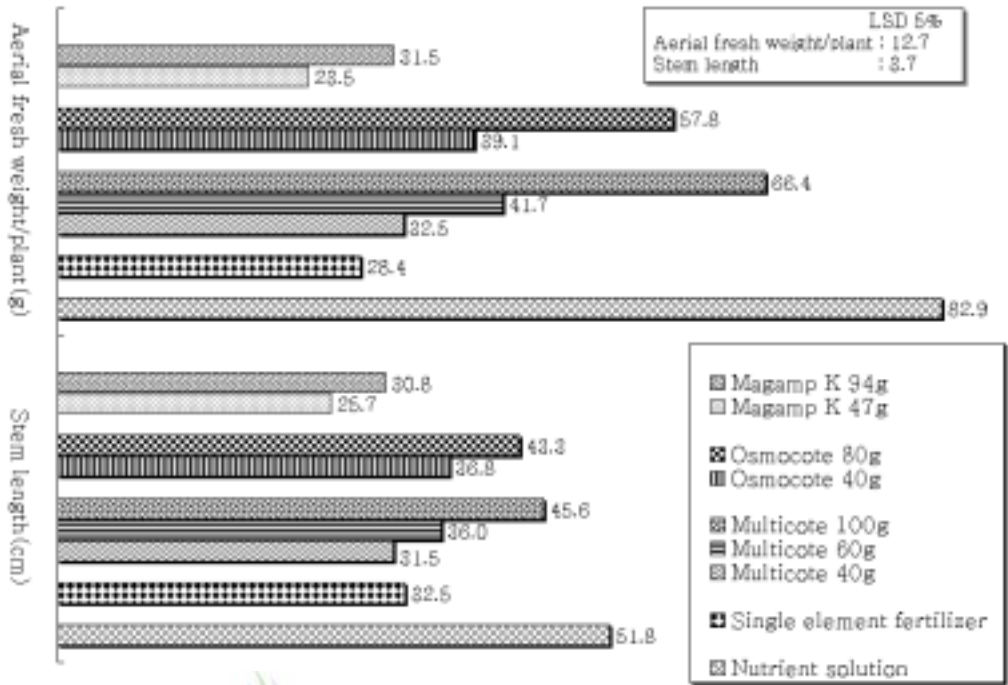


Fig. 18. Effect of single element fertilizer, nutrient solution and several controlled release fertilizers treated in wick systems on stem length and aerial fresh weight/plant at 70 days after planting.

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, 마감프케이는 23.5g에서 31.5g으로 무거워지는 경향이였다(Fig. 18).

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. 19. 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($N-P_2O_5-K_2O:10-10-12kg/10a$) at planting date and 50 days after planting.

Fig. 19에서 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 깊이에 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 2회분 시처리인 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. 20에서 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.

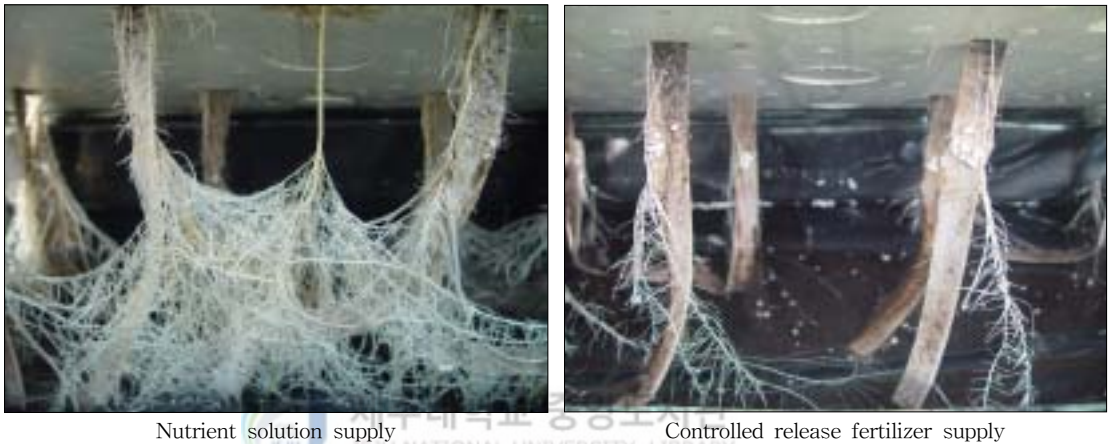


Fig. 20. Potato roots permeated to the nutrient solution reservoir(left) and decreased amount of plant root adhered to the wick(right) at 70 days after planting.

나. 收量形質

심지재배 시스템에 몇 가지 완효성비료 등을 처리하여 播種 후 91일 경의 收量形質을 조사한 결과(Table 25)를 보면 멀티코트 100g과 오스모코트 80g 처리구를 제외하고는 양액공급구가 괴경관련형질들이 양호한 결과를 보였다.

Table 25에서 보면 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, 단위처리도 약 4.2kg의 수량을 얻었다.

Table 25. 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 2 and 24.

[‡] 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 멀티 코트 100g이 6.9kg을, 오스모코트 80g이 6.3kg의 수량을 보여 양액을 공급하여 재배하는 경우보다 수량이 많았다(Fig. 21).

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

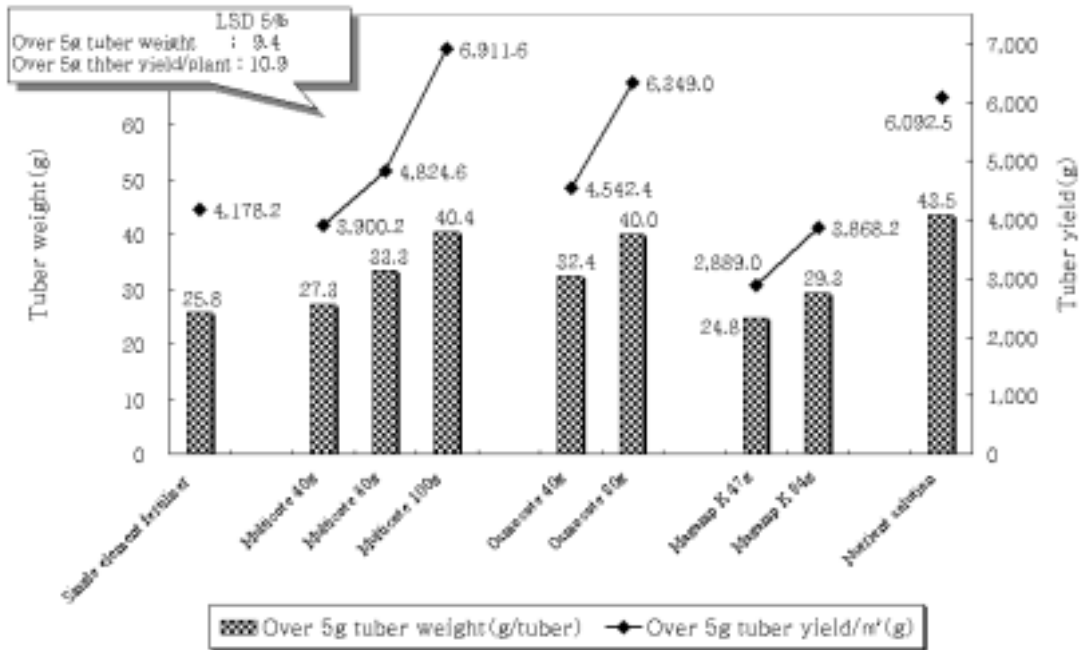


Fig. 21. Effect of single element fertilizer and several controlled release fertilizers treated in the wick systems on over 5g tuber weight and over 5g tuber yield/m² at 91 days after planting.

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以上 塊莖收量を 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 완효성비료를 배지와 혼합하여 공급하는 것이 심지를 통해 양수분을 같이 흡수시키는 것보다 줄어드는 것을 볼 수 있었다(Fig. 22).



Fig. 22. 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 26)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 26. 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. 形質間의 相關關係



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

Table 27은 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 27. 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.

시험 6. 심지재배산 종서의 포장생산 능력검정

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

1. 봄재배 시험

봄재배 생산력 검정시험은 2001년 가을에 심지양액재배를 통하여 생산된 종서를 1g이하, 1~3g, 3~5g, 5~7g, 7~10g, 10~20g, 20~30g, 30~50g, 50~80g의 크기로 분류하여 시험하였고, 播種 후 70일에 莖長 등 생육조사를, 93일에 收量形質에 대하여 조사를 하였다. 그 결과는 다음과 같다.



가. 生育形質

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.

葉長은 종서크기가 클수록 대체로 길어지는 경향이었으며, 3g이상의 씨감자는 30cm내외의 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 28).

Table 28. 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. 23)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 경향이었다 (Fig. 23).

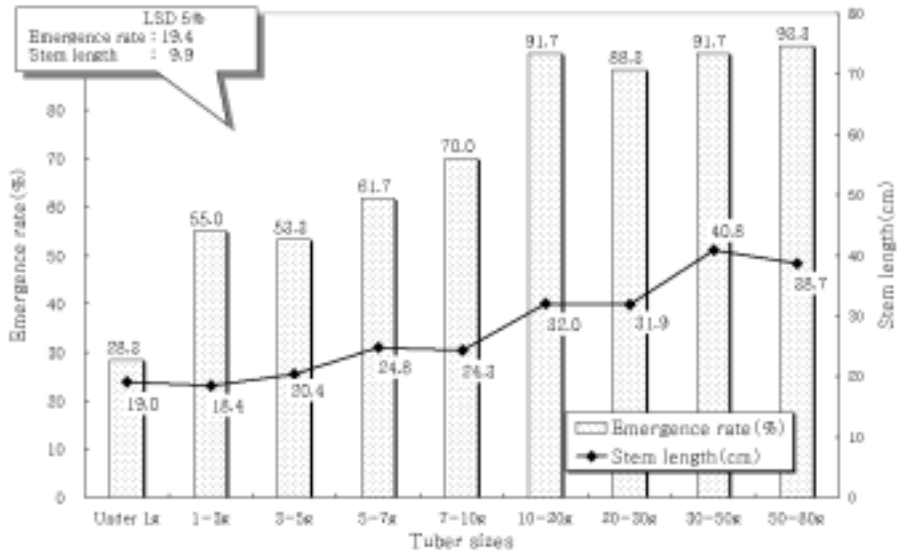


Fig. 23. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics on emergence rate and stem length at 70 days after planting in the field.

나. 收量形質



Table 29는 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 29. 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 종서크기처리는 150g이하의 수량을 보였고, 5g이상의 종서크기처리는 200g이상의 수량성을 보였다.

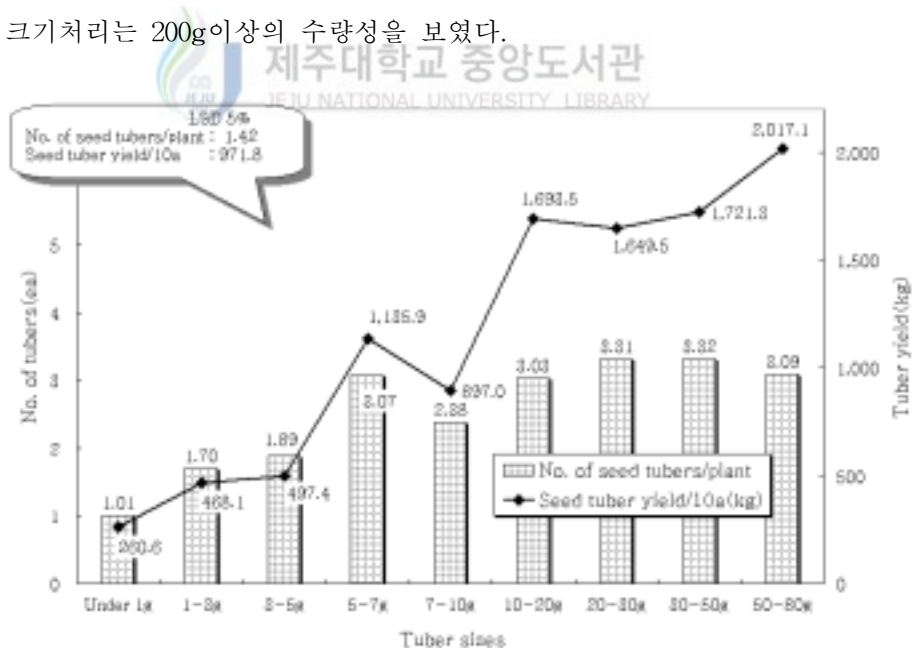


Fig. 24. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics on the number of seed tubers/plant and seed tuber yield/10a at 90 days after planting on the field. Seed tuber yield; the yield of 30~250g tuber size available as a seed tuber in a field.

10a당 種薯規格薯重과 總塊莖收量은 종서크기가 증가할수록 대체로 증가하는 경향을 보

여 5g 이상의 종서크기는 각각 900~2,000kg과 1,200~2,400kg 정도의 수량을 얻었고, 5g 이하의 종서크기는 각각 500kg과 700kg 이하의 수량을 보였다. 10a당 上薯重은 50~80g 처리구를 제외하고는 10a당 1,000kg도 되지 않았으며, 처리간에 유의성도 없었다.

심지 양액재배를 통해 생산된 괴경을 크기별로 분류하여 봄재배시 노지포장에서 재배하여 수확한 괴경의 등급별 수량분포(Table 30)를 보면, 등급별 수량을 전체적으로 보아 종서무게가 무거울수록 등급수량도 높은 경향이었으나 251g 등급수량은 거의 없었으며 151~250g의 등급수량도 낮은 편이었고, 또한 30g 이하의 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 확보가 어려웠기 때문인 것으로 생각되었다.

Table 30. 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

종서무게 10g 이상인 처리는 151~250g 등급수량이 그 미만의 종서무게 처리에 비해 높게 나타났고, 이 또한 出現率이 낮고 出現期間이 길었기 때문인 것으로 생각되었다. 그리고 5g 이상 괴경비율은 73.1~85.5%의 범위에 있었으며 유의한 차이는 없었다.

다. 形質間의 相關과 回歸

Table 31와 32는 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 31. 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 괴경관련형질은 出現率 등의 生育形質들과 대부분 높은 正의 相關을 보였다. 따라서 감자재배시 浴光催芽 등의 방법으로 충분히 최하시켜 播種 후 出現期間이 짧아지도록 하는 것이 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 32에서 보는 바와 같이 봄재배시 회귀식에서 구한 최적의 중서크기는 株當塊莖數에 있어서는 34g정도의 중서크기가, 株當種薯規格薯數에 있어서는 42g정도가, 總塊莖收量에 있어서는 48g정도가 적당한 심지양액재배산 중서크기였다. 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 중서크기가 무거울수록 직선적인 수량증가를 보였다.

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(%)	$Y^{**}=51.699658+2.105396X-0.023083X^2$	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.

2. 가을재배 시험

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

가. 生育形質

Table 33과 Fig. 25는 가을재배시 播種 70일 후의 심지 양액재배산과 분무경 양액재배산 종서크기별 生育形質들에 대한 조사결과이다.

Table 33. 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 종서 크기는 4.26mm였으나 30~50g 종서크기에서는 10.65mm로 6.4mm정도의 큰 차이를 보였다. 분무경산도 종서크기가 클수록 커져 6.96~8.17mm의 범위에 있었으며, 분무경산 7g 종서 크기는 심지재배산 5~7g이, 분무경산 15g 종서크기는 심지재배산 7~10g의 종서크기와 비슷한 두께를 보였다.

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

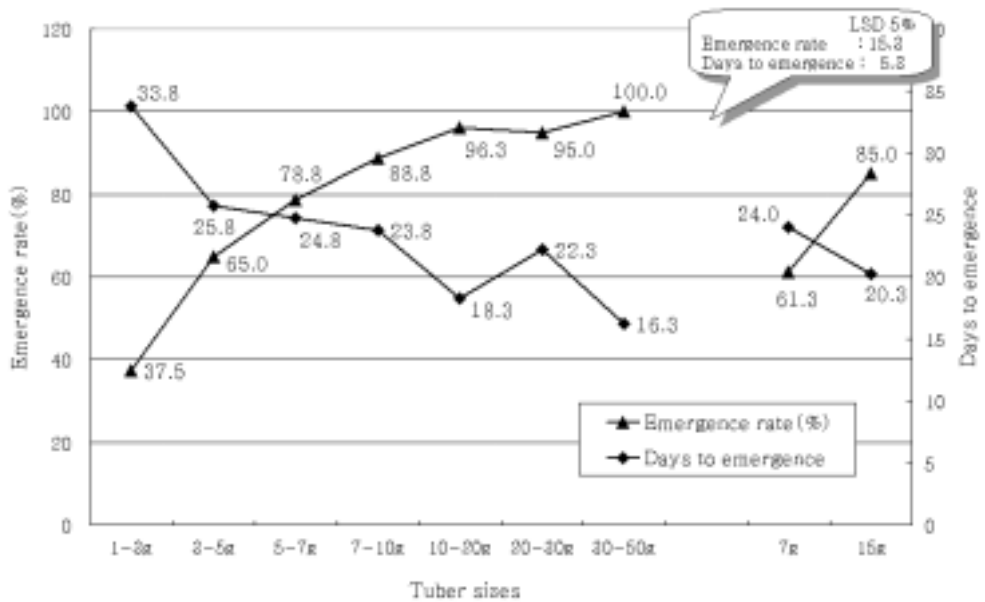


Fig. 25. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponic and aeroponic systems on emergence rate and days to emergence at 70 days after planting on the field.

出現率은 5~10g 사이의 심지 양액재배산 종서크기는 78.8~88.8%의 범위를 보였으나, 분무경산(7~15g)은 61.3~85% 범위의 出現率을 보여 심지재배산 종서가 분무경 양액재배산 종서보다 포장에서의 적응성이 높은 것으로 보인다. 出現所要日數는 대체로 괴경의 크기가 클수록 소요일수가 짧아지는 경향이었는데, 심지재배산 30~50g 크기는 16일 정도가 소요됐으나 1~3g 크기는 34일 정도가 걸렸고, 분무경 양액재배산 종서 15g 크기는 20일이 걸렸으나 이보다 가벼운 7g 종서크기는 24일 정도가 소요되었다(Fig. 25).

나. 收量形質

Table 34는 播種 92일 후의 심지재배산과 분무경산 종서크기별 收量性을 調査한 결과이다.

Table 34. 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)
Wick Hydroponics	1~3g	2.03	31.1	63.2	200.7
	3~5g	3.13	42.2	134.5	622.0
	5~7g	3.36	43.6	149.1	849.1
	7~10g	4.04	53.7	226.6	1,495.3
	10~20g	4.60	79.2	350.2	1,725.3
	20~30g	4.81	74.4	355.4	1,681.6
	30~50g	5.26	91.8	483.7	2,748.1
Aeroponics	7g	4.25	49.3	207.3	910.3
	15g	5.40	57.3	309.2	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 종서크기는 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 었던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 종서수량성을 보였고, 그 미만인 종서크기는 700kg정도 이하의 수량성을 보였다. 분무경산은 700~1,700kg정도의 수량을 보였으며, 심지재배산과 분무경산 모두 씨감자의 크기가 증가할

수확 종서수량도 증가하였다.

10a당 上薯重은 7g미만의 종서크기는 420kg정도 이하의 상서수량을 보였고, 7~10g사이의 종서크기는 870kg정도를, 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.

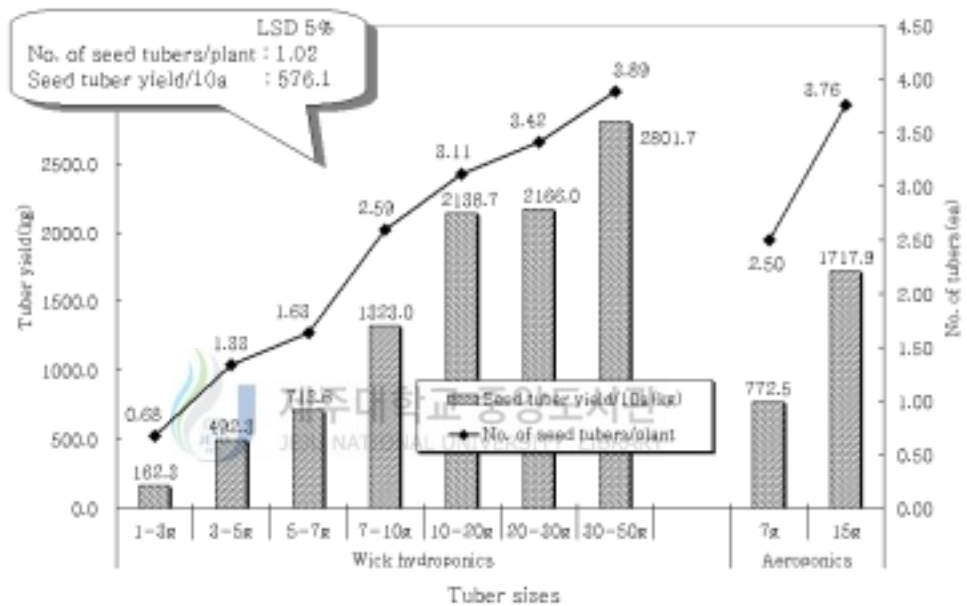


Fig. 26. Effect of several seed tuber sizes produced through wick hydroponics and aeroponics on growth characters at 92 days after planting on the field in 2002, fall cropping. Seed tuber yield; 30~250g tuber yield available as a seed tuber.

10a당 總薯重은 종서크기가 클수록 수량도 200kg에서 3,500kg로 크게 증가하였고, 심지 재배산 7g 이상 종서크기는 1,500kg의 수량을 보여 분무경산 7g처리 910kg보다 60%정도 總薯收量이 더 많았으며, 5~7g종서크기 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, 종서규격수량, 總薯收量 등의 수량성에서 양호하여 일반종서와 같은 관리만으로도 재배가 가능할 것으로 생각되며, 5~10g사이에 있는 심지 양액재배산 씨감자는 莖徑에서만 분무경산 종서보다 낮을 뿐 그 외의 生育形質과 收量形質들에 있어서는 분무경

산 7g과 15g의 종서와 비교하여 차이가 없었다.

가을재배시 심지 양액재배산 종서의 등급별 수량분포를 Table 35에 나타내었는데, 대체적으로 종서크기가 클수록 각 등급별 수량도 높았다. 심지재배산 종서와 분무경산 종서는 대부분 80~150g사이의 등급수량에서 높은 수량성을 보였고 심지재배산 10~20g종서크기에 서만 81~150g등급보다 151~250g등급수량이 약간 더 높았다.

Table 35. 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)						Total	Rate of seed tuber yield(%)	
	Under 30g	31~50g	51~80g	81~150g	151~250g	Over 251g			
Wick Hydroponics	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
	5-7g	135.5	111.8	185.3	328.1	88.4	0.0	849.1	84.0
	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.

다. 形質間의 相關과 回歸

Table 36. 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 36에서 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 37. 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.

Table 37에서 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 중

서생산용으로 알맞은 크기는 30~40g으로 분석되었다. 그리고 上薯重/10a은 심지 양액재배 산 종서크기가 클수록 직선적으로 증가하였다.



V. 고찰

1. 분무경산 종서의 심지재배시 적정 栽植密度 구명

필라이트와 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 분할구배치법으로 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 필라이트 혼합배지가 수량성이 높게 나타났다.

株當莖數는 1.00~1.11개의 범위에 있었는데, 일정한 경향도 없었으며 통계적인 유의성도 없었다. 봄작기의 시험수행(시험 1과 시험 2)시 심지재배에 사용한 분무경산 씨감자는 녹화하여 수확한 종서를 4℃ 저온저장고에서 저장 후 2002년 2월 16일에 꺼낸 후 34일 동안 浴光催芽를 하여 3월 22일에 播種하였으며, 가을작기에 수행한 시험(시험 5)에 사용된 씨감자는 녹화 후 수확한 종서를 4℃ 저장고에서 2002년 7월 30일에 꺼내어 43일 동안 浴光催芽를 하여 9월 11일에 播種하여 浴光催芽期間을 길게 처리하였는데도 莖數가 적었던 것은 박등(1998)이 浴光催芽期間이 길면 무처리에 비해 莖數가 많다고 한 보고와는 다른 경향이였다. 그는 대지품종의 경우 浴光催芽 처리기간이 길수록 괴경당 멍아수가 감소하고 멍아장은 처리기간이 길수록 증가하였으나 株當莖數는 15일 처리가 3.5개로 가장 많았고 이보다 처리기간이 길어도 莖數증가는 없었다고 하였다. 그리고 대지품종은 塊莖收量이 35일 옥광처리구에서 가장 높게 나타났으며, 수미품종의 경우는 25일 옥광처리가 수량이 높았다고 보고하였다. 吉田(1979)은 育芽한 종서와 育아하지 않은 종서는 괴경크기가 같더라도 株當莖數에 있어 차이가 있고, 충분하게 育아하면 株當莖數는 증가한다고 하였으며, 育芽時의 멍아수와 株當莖數와는 평행적인 관계에 있다고 하였다. 이러한 결과는 莖數가 저장전 괴경의 녹화상태, 저장조건, 育아조건, 재배조건 등에 따라 차이가 나는 것으로 보이며, 본 연구

에서는 저장전 괴경의 녹화상태가 큰 영향을 준 것으로 생각되었다. 괴경이 광을 받게 되면 껍질의 皮層 주변세포에 엽록소가 형성됨으로써 덩이줄기 자체가 녹화되며, 싹의 발생을 촉진하는 비타민 및 아스코르빈산 형성이 일어나는 동시에 오옥신과 지베렐린 합성도 왕성하게 된다. 이러한 녹화상태에서의 괴경내 내생호르몬의 영향으로 정아우세가 유지되어 측아발생이 적었으며, 이로 인해 莖數가 적었던 것으로 생각되었다. 그러나 시험 3인 경우 괴경의 크기가 무거울수록 莖數도 증가하였고, 시험 4인 경우 동일한 무게를 갖는 괴경의 절단서와 전서를 비교하면 절단서가 莖數가 많았던 것으로 보아 큰 괴경일수록 생리적 서령의 진전이 더 일어났고, 절단처리는 괴경의 내생호르몬의 변화를 유도하여 頂芽優勢性이 제거되었기 때문에 莖數가 증가한 것으로 생각되었다.

김과 정(1994)은 일반종서는 株當莖數가 3.0개인 반면 器內小塊莖은 1.2~1.4개로 기내소 괴경의 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 1, 시험 2 및 시험 5의 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, 島와 伊藤(1995)도 浴光催芽 처리는 무처리에 비하여 출현이 빠르고 수량도 증수된다고 보고한 바 있으며, 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 공

시된 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 전류체계도 일찍 형성되기 때문에 괴경의 비대에 유리하고, 일반적으로 생육기간이 길어 莖葉의 繁茂度가 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.

2. 심지재배시 적정 수평형심지수 구명

감자의 葉은 날씨가 맑을 때 1개체당 1시간에 100~150g의 수분을 蒸散한다. 그러므로 하루 1kg 이상의 수분을 소모하게 되기 때문에 70×40cm의 栽植密度로 계산하면 매일 3.5mm 이상의 강우량을 필요로 한다. Shantz & Piemeisel(1927)은 요수량, 즉 乾物 1g을 생산하는데 필요한 水分量은 600g 前後이며, 옥수수과 벼와 함께 비교적 다량의 수분을 필요로 하는 작물이라고 하였다. 그리고 건조조건, 예컨대 토양용수량의 30% 조건에서는 생장이 억제되고 괴경의 비대는 정지상태로 되기 때문에 토양수분은 일반 畑作物과 비슷한 토양용수량의 40~60%의 범위가 최적이고 과습하게 되면 괴경은 호흡곤란을 일으켜 괴목비대를 일으키고, 결국은 부패하게 된다. 또한 乾燥와 多濕의 급격한 변화는 경엽과 괴경의 이차생장을 유도하여 질적으로 악화된다고 하였다.

심지양액재배에 이용하는 심지는 수분과 양분의 고품배지로의 이동을 돕는 매개수단인데, 식물의 생육과 배지의 물리성 그리고 대기조건 등에 의해 수분흡수를 조절하게 된다. 그리고 심지가 배지와 접촉하는 면적의 다소에 의해서도 수분흡수 상태가 달라질 것이라고 생각되며, 접촉면의 증가를 위해 심지를 수직형으로 세워 심지수 구명시험을 수행한 결과 6개가 적당한 것으로 보고 되었다(강 등, 2003). 그러나 수직형의 심지배치는 배지충진 작업시 큰 불편함을 주며, 수확작업시에도 심지가 함께 뽑히는 문제가 있었다. 또한 식물체의 뿌리와 심지와와의 부착이 증가하는 문제가 있어 심지의 재사용 면에서도 곤란을 일으켰었다.

따라서 심지의 배치모양을 배지를 담은 상자의 밑면에 놓혀 놓으면 충진작업이 훨씬 용이하고 식물의 뿌리와 심지가 부착하는 것을 줄일 수 있을 것이라고 판단되어 본 시험을 수행하였다.

시험결과, 수직형의 심지 6개와 수평형 모양의 심지수 6개는 생육과 收量形質 등에서 거의 유사한 결과를 얻었으며, 오히려 수평모양의 심지 8개는 더 나은 결과를 보였는데, 莖長과 株當 地上部生体重에 있어서 큰 차이를 보였고, m²當 總塊莖收量과 5g以上 塊莖收量 등에 있어서 대조구와 수평형심지수 6개 처리와 유의한 차이가 인정되었다.

수평형심지 2~6개 처리는 81g이상의 등급수량이 8개와 10개 처리에 비해 낮게 나타났고

특히, 심지수 2개 처리에서는 전혀 수량이 없었던 것으로 보아, 극심한 수분스트레스를 받아 괴경비대에 좋지 않은 영향을 준 것으로 생각되었다. 또한 수직형심지수 6개 처리구인 대조구의 81g이상 등급수량은 비슷한 總塊莖收量/m²을 보인 수평형심지 6개 처리와 비교하여 2배 이상 높은 등급수량을 보였다. 이것은 수직으로 설치된 대조구의 심지에 식물체의 뿌리가 수평형심지에 비해 용이하게 접근하여 부착되었고, 이로 인해 심지에 부착된 뿌리 상자내부 밑면의 심지구멍을 통해 양액이 공급되는 베드로 침투되어 수평형심지에 비해 수분공급이 원활하였기 때문으로 생각된다(Fig. 11의 C). 이러한 수평형심지의 수분스트레스는 株當塊莖數가 대조구에 비해 수평형심지 6개 처리구에서 더 높았던 한 요인으로 작용한 것으로 보이며, 이보다 스트레스가 더 심했던 2개와 4개 처리는 지상부의 생육상태가 불량하여 괴경형성과 괴경비대에도 좋지 않은 영향을 준 것으로 보인다.

또한 수평형심지 6개 처리는 8개와 10개 처리와 80g이하의 등급수량까지는 비슷하였으나 81g이상 등급수량에서 2배 이상 낮은 결과를 보여, 심지수 6개 처리인 경우, 생육중반기까지는 수분스트레스가 덜하지만 식물체가 완전히 자란 이후 괴경비대와 성숙기 동안에는 수분부족을 겪은 것으로 보인다.

따라서 심지 6개를 수직모양으로 세워 재배하는 것보다 심지 8개를 수평모양으로 베드 내에 넓혀 배치하여 재배하는 것이 감자의 생육과 수량성, 배지충진 및 수확 등의 농작업에 있어서 유리할 것으로 생각되었다.

또한 폴리스티렌상자(W×D×L=31×20×51cm)당 수평형심지수를 10개까지 증가시켜도 생산된 괴경의 표면에 과습 등으로 인한 병해나 괴목비대 등의 피해가 없었던 결과로 보아 심지에 의한 수분의 흡수상태가 다습 혹은 건조 등의 기상변화와 식물체의 생육단계에 따라서도 배지의 수분상태를 적당한 수준으로 조절되고 있다고 판단되었다. 그러나 4℃ 저온저장 후에 괴경의 표피에 괴목비대로 인한 흔적이 수평형심지수 10개 처리에서 약간의 증상이 보였었는데, 저장에 지장을 주거나 감모율에 영향이 없었던 것으로 보아 아주 미미한 수준이었다. 이러한 결과는 심지수가 증가할수록 괴목비대현상의 발생정도가 증가하는 것을 의미하는 것으로, 폴리스티렌 상자당 10개 이상으로 심지수를 증가시키는 것은 배지의 과습으로 인하여 괴경의 호흡근관을 일으키게 되어 괴목비대가 심해질 것으로 생각되었다. 따

라서 심지수의 증가가 거의 직선적으로 塊莖收量の 증가를 가져올 지라도 심지를 10개 이상으로 증가시키는 것은 곤란하며, 지상부의 생육량도 수평형심지수 8개 처리와 비슷하거나 莖長과 생체중은 오히려 약간의 감소가 있었으며, 수평형심지수 6, 8 및 10개는 통계적인 유의성 범위 내에 있었다.

東海林(1941)은 浸水期間과 退水後 수확까지의 기간이 길어질수록 괴경의 부패가 증가하며, 퇴수 즉시 수확하는 경우 12시간 침수는 대부분의 괴경이 건전하여 貯藏力이 있었으나, 24, 48시간 침수는 저장 10일후 완전히 부패되었다고 하였다. 그리고 김 등(1996)은 피목비대는 감자가 계속해서 비대될 때까지 문제가 없으나 일단 괴경이 성숙된 후에는 濕害에 민감해서 皮目이 비대되고 심하면 결국 부패되어 버리는 경우가 종종 있다고 하였다. 그러므로 심지재배에서도 괴경 성숙기의 수분공급을 조절함으로써 피목비대를 제어할 필요가 있다고 생각된다.

또한 Jefferies & Mackerron(1987)은 塊莖成熟期の 수분스트레스가 괴경의 성숙을 촉진하므로서 乾物率의 증가에 큰 영향을 준다고 하였고, 김 등(1993)도 생육기의 토양수분 스트레스에 관한 연구에서 생육촉진을 위해서는 초기부터 적절한 수분을 공급하는 것이 중요하지만 성숙기에는 토양이 乾燥하도록 재배관리가 이루어져야 할 것으로 생각된다고 하였다. 그리고 그는 만생종인 대지(Dejima)품종에서 출현기의 수분스트레스가 塊莖分化를 자극시켜 塊莖形成期나 塊莖肥大期の 수분스트레스보다 오히려 總塊莖數는 증가한 반면 상서수가 감소하고 생육기간별로 수분스트레스가 괴경의 형성과 비대에 각각 달리 작용하는 것으로 보인다고 하였는데, 심지양액재배시에도 중서생산목적상 개당 塊莖重보다는 株當塊莖數의 증가가 중요(김 등, 1992; 김 등, 1993)하므로 본 연구의 공시재료인 대지품종의 생육초기와 괴경성숙기에 수분스트레스를 처리하는 방법에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

수평형심지수 구명시험의 처음 예상과는 달리 심지에 부착된 식물체의 뿌리량은 수직형의 심지모양에 비해 감소하기는 했으나 생각보다 크게 양액베드 내로 침투한 뿌리의 양이 감소되지 않았고, 이는 심지를 통해 수분만이 아니라 양분도 함께 공급되기 때문에 심지로 사용된 천에 항상 양분이 존재하게 되고, 이를 흡수하기 위해 식물의 뿌리가 부착되는 것으로 생각된다. 따라서 식물체의 뿌리가 심지에 부착되는 것을 줄이기 위해서는 비료염 즉,

식물이 필요로 하는 양액의 공급방법을 달리해야 할 것으로 생각된다.

또한 한 가지 고려해주어야 할 점은 심지의 규격에 관한 사항인데, 심지재배에서 심지는 수분 또는 양분과 수분을 동시에 배지에 공급해주는 수단이므로 심지의 수분흡수능력이 성공을 좌우한다고 할 수 있다. 심지로 사용하는 천의 단면적과 종류, 심지수, 배지의 종류, 배양용기와 저수조와의 높이 등에 따라 수분흡수 정도가 다를 것으로 생각된다. 본 연구에 사용된 심지는 수주압이 20cm 정도되는 폴리에스테르 재질의 천을 사용하였으며, 천의 두께는 약 1.3mm, 폭은 1.5cm, 길이는 40cm 정도로 충분히 길게 만들고 폴리스티렌 상자 내부로 15cm 정도 나오게 하여 혼용배지와 접촉할 수 있도록 설치하였다. 作期가 종료된 후에 세탁하여도 수분흡수에 크게 지장도 없었고, 이를 재사용해도 감자생육에 영향이 거의 없었다. 그리고 박 등(1999)은 水位의 설정은 화분의 높이와 물의 이동속도를 고려해서 결정해야 하고, 과수분 상태에서는 화분용토의 모관수준과 매질의 공극율을 고려하여 용토를 결정해야 한다고 하였는데, 본 연구에서 제작된 심지재배 시스템은 양액의 수면과 배양용기 사이의 높이가 6~8cm 정도였고 양액공급구와 배수구와는 약 2cm 정도의 구배를 두었다. 따라서 감자의 생육단계별 수분 조절은 수위의 조절로 가능하므로 수분함량과 괴경형성, 괴경비대, 괴경성숙의 관계를 고려하여 단계별로 수분공급을 조절할 필요가 있다고 생각된다. 그러나 수분공급 조절시에 배지가 건조해지고 모관이 끊기면 복원이 늦어지기 때문에 박 등(1999)은 과습을 피하기 위하여 용토의 수분을 극단적으로 저하시키면 흡수가 어려워지는 경우가 있음을 주의해야 한다고 지적하였다.

3. 분무경산 중서크기별 심지양액재배 생산성

강 등(1995)은 감자 양액재배 연구에서 噴霧耕方式이 膽液耕과 薄膜循環式 재배보다 塊莖數에 있어서 가장 많은 한 株當 74.4개를 보였으나, 1g이상의 괴경을 중서로 보았을 때 중서율이 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 양액 재배방식이 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/ℓ일 때 19.8%를 보였으며, 8me/ℓ일 때는 48.3%, 0me/ℓ일 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 입모울에 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. 이것은 괴경크기가 클수록 播種時 저장양분이 충분하며 입모울이 높고 초기 생장이 양호하기 때문으로 생각된다. Wiersema 등(1987)은 器內小塊莖의 크기가 증가할수록 생육이 양호하였으나, 塊莖數는 기내유식물 播種區에서 가장 많고 그 크기는 가장 적었다고 하였는데, 본 연구에서도 분무경산 종서의 크기가 무거울수록 生育形質이 양호한 것으로 나타났고 수량도 증가하였으나, 株當塊莖數에 있어서는 종서크기간에 처리의 차가 인정되지 않았다. 이렇게 생육과 수량에 있어 종서의 크기에 따라 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 초기생육에 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 괴경크기별 분포를 볼 때 1~3g범위의 괴경이 60%이상을 차지함으로 이들 괴경들은 포장재배에 가능한 크기인 3g이상으로 증대시키는 기술개발연구가 필요하다고 하였으며, 김 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 경삽묘는 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 방법으로 소서 플러그육묘를 하여 망실재배에 이용하는 방법과 모래 또는 펄라이트 등의 배지에서 소서의 육묘를 통해 분무경 양액재배용 경삽묘를 생산하거나 육묘후 소서를 제거한 후 직접 양액재배용 묘로 이용하는 방안 등에 대해 연구하고 있으나 이들은 종서생산비를 증가시키는 요인이 되거나, 조직배양묘나 조직배양을 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 소괴경의 크기에 상관없이 최아가 된 종서라면 모두 심지양액재배에서 사용될 수 있어 육묘로 인한 종서생산비의 증가나 폐기로 인한 종서의 낭비를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

4. 분무경산 종서의 절단재배 가능성 검토

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 黑痣病的 피해율이 높고, 초기의 경엽생육이 빈약하게 되며, 수량이 약간 감소하는 경향을 보인다. 또한 全薯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 枯凋가 약간 일찍 일어난다.

김(1997)은 분무경 양액재배를 통해 생산된 괴경은 포장재배시 그 이용에 있어 5g이상의 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 무거울

수확 생육과 수량성도 양호하였으며, 동일한 종서를 2절한 것과 4절한 것과의 비교에서는 2절한 것이 양호한 결과를 보였다. 이러한 결과는 시험 3에서 분무경산 종서(전서)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.

괴경은 서령과 크기에 의해서 맹아수가 결정되지만, 그 관계는 萌芽의 성장속도와 괴경모양과 눈수(目數)에 의해 좌우되고, 품종에 따라서도 크게 차이가 있다. 일반적으로 괴경의 크기가 60g정도인 경우, 눈이 10~14개이지만 괴경을 절단하여 사용하면 눈수는 적어지게 된다(吉田, 1979). 그리고 동일한 무게를 갖는 괴경의 전서와 절단서는 전서의 눈수가 많은데, 본 연구에서 보면 괴경 1개의 무게가 5g인 처리, 즉 5g 전서는 株當 1.11개, 10g 2절은 1.61개 그리고 20g 4절은 1.67개로 株當莖數가 전서에 비해 절단서가 많았다. 이것은 절단 등의 상처로 인하여 정아우세성이 타과된 영향으로 보이며, 10g 2절과 20g 4절 처리의 莖數가 비슷하였던 것은 괴경크기가 증가하면 눈수도 증가하여 절단하더라도 맹아수의 확보가 가능했기 때문으로 생각된다. 吉田(1979)도 ‘男爵’과 같이 球形에 가까운 품종은 무게가 100g 증가하면 눈수(目數)가 2~3개 밖에 증가하지 않지만, 長球形 품종인 ‘紅丸’은 100g 마다 4~5개의 눈이 증가한다고 하였다.

심지양액재배에 이용할 수 있는 분무경산 소괴경의 크기는 5g정도(시험 3의 결과)면 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 가

능하여 분무경 양액재배에서 20%이상(김, 1997)이 생산되는 10g크기 이상인 괴경의 씨감자 증식효율을 높이는 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 심지재배시 양분공급방법 개선

심지재배에 있어서 양액을 통한 식물체로의 양분공급은 필요이상의 비료염이 배지로 이동될 수 있으며, 식물체에 의해서 흡수되지 못한 양분은 그대로 배지에 축적이 된다. 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 하나는 심지에 식물이 필요로 하는 양분이 함유되어 있기 때문이기도 한데, 감자의 생육기간 동안 필요한 양분을 공급해 줄 수 있는 완효성비료를 배지충진 작업시 함께 제공해주면 식물체가 필요로 하는 양만큼의 양분을 공급하게 되어 과도한 양분의 공급과 이로 인한 비료염의 축적 등을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

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 판단되었다. 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 염류장애가 발생할 것으로 생각되었다. 이러한 이유로 분시횟수를 증가시키거나 또는 분시량을 늘리더라도 약간의 양호한 양분조건을 제공해 주기는 하겠지만 그리 큰 효과는 기대하기 어렵다고 판단된다. 따라서 속효성인 단비처리인 경우 시비량을 증가

시켜 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 1~2cm정도의 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 總種薯收量이 4,178g/m²으로 나타나 시비방법과 시비량, 엽면시비 그리고 미량요소 등 단비 이외의 비료성분에 대한 공급방법이 개선된다면 양액의 사용을 줄일 수 있어 종서생산비를 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 심지 양액재배에서 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 하였고, Ojala & Champan(1962)은 감자의 괴경비대기에 과도한 질소농도는 생육후기의 영양생장을 촉진시키고 괴경성숙을 지연시킨다고 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. 梁 등(1996)도 감자 분무경양액재배의 시기별시험에서 고온장일조건에 의해 식물체내 성장촉진물질의 활성이 촉진된 결과 영양생장이 왕성하여 지상부의 과번무를 초래하였다고 보고하였고, 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.

6. 심지재배 시스템에서의 감자재배

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; Thinggaard & Middelboe, 1989), 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 양

수분 흡수 특성, pH, 삼투압, 뿌리로부터 방출되는 유기산 등의 영향을 받아 양액조성과 다른 비율로 양수분을 흡수하기 때문으로 알려져 있다(Yu 등, 1993; Yu & Matsui, 1993, 1994).

고형배지경양액재배의 경우 대부분 비순환식 재배로 1회 급액 후 나오는 20%의 배액이 그대로 방출되고 있어 자원의 낭비뿐만 아니라 토양 및 지하수 등 환경오염 등의 여러 가지 문제를 야기하고 있다. 네덜란드에서는 토양 이외에 재배할 때에 배양액은 순환 재활용해야 함을 법제화하고 있으며, 그 밖의 유럽 여러 나라에서도 양액재배시 버려지는 폐양액이나 배지 등을 재사용하기 위한 연구가 다양하게 이루어지고 있다(경기도농업기술원, 1999). Van Os 등(1994)은 비순환식 양액재배시스템으로 토마토를 재배했을 경우 손실되는 비료량은 배액량을 20%로 했을 때 ha당 N 147, P 71, K 282, Ca 126, Mg 60kg정도이며, 비료흡수율의 경우 토양재배시 30~50%, 비순환식 양액재배 70~80%, 순환식 양액재배시스템은 90%이상이다. 또한 순환식과 비순환식 양액재배 시스템의 수분소비량, 양분배출량, 비료값을 비교했을 때 오이의 경우 비순환식에 비해 순환식 시스템이 각각 21, 80, 35%가 절감되며 상추의 경우 29, 100, 50%, 국화의 경우 15, 65, 20%가 절감된다고 한다.

순환식 양액재배는 양액절감효과가 크고, 환경오염이 적으며, 기자재비가 적게 소요되는 장점이 있는 반면 양액의 재사용기간이 길수록 pH, EC 등의 균형이 깨지고, 급액 및 배액 탱크가 커야 하며, 양액조제 노력소요가 많은 단점이 있다. 그리고 비순환식 양액재배는 양액의 균형유지가 가능하고, 급액 및 배액 탱크가 작아지며, 양액조제 노력이 적게 드는 장점이 있는 반면, 양액의 손실이 많고, 환경오염이 우려되며, 액비혼입기 등 설치비가 많이 소요되는 단점이 있다. 따라서 배지경에서의 미래지향적인 방법은 순환식이지만 단점을 보완할 수 있는 두 방식의 절충방법을 개발할 필요가 있다(농촌진흥청, 1997).

본 연구에서 자체 제작한 감자중서생산을 위한 심지양액재배 시스템은 환경친화적인 순환식 양액재배 방식으로, 고형배지를 사용한다는 점에서는 배지경 양액재배에 속하지만 양수분의 공급방법이 점적식 급액이나 두상관수에 의한 양수분의 공급과는 다르며, 직접적으로 양수분이 식물체에 공급되는 것이 아니라 심지라는 모관이 발달한 흡수자재의 모세관을 이용해 양수분을 상승시켜 공급하는 방식이다. 그러므로 양액을 베드로 흘려 보내 공급하

는 경우에도 일방적인 방향, 즉 저수베드에서 배양용 용기인 폴리스티렌 상자로 한 방향으로만 이동하기 때문에 양액의 EC나 pH의 변화가 없으므로 양분불균형으로 인한 장애는 거의 발생하지 않는다. 따라서 고품배지경에서의 순환식 양액재배가 가능할 뿐만 아니라 이로 인해 폐양액의 발생이 없어 양액절감효과가 크다. 현재까지의 급액제어 방법으로는 타이머에 의한 제어, 배지내 수분계측에 의한 제어, 적산일사량에 의한 급액제어 등이 주로 이용되고 있으나(島地, 1990; Roh & Lee, 1996), 타이머에 의한 급액제어는 가장 간편한 방법이기 때문에 많이 이용되고 있지만 정밀성이 떨어지고 양액의 낭비가 많게 되며, 배지내 수분계측에 의한 제어는 적절한 센서의 선택과 측정지점의 대표성 등에서 문제점을 갖고 있으며, 적산일사량에 의한 급액제어는 상업적으로 많이 이용되고 있는 방법이지만 일사센서와 제어시스템이 고가인 관계로 국내에서는 널리 보급되지 못하고 있으며(이 등, 1998; Roh & Lee, 1996), 남 등(1999)은 대부분 타이머에 의한 제어를 이용하고 있으나 날씨가 흐린 날은 낭비되는 양액이 너무 많으므로 이를 보완할 수 있으면서 기능이 단순하고 경제적이며 사용이 편리한 제어시스템의 개발이 요구된다고 하였다. 이러한 간단한 급액제어의 방법으로 심지에 의한 방법이 이용될 수 있다고 생각되었으며, 심지에 의한 관수는 고가의 급액시설이 없이도 수분공급이 기상환경과 식물체의 생육단계에 따라 조절이 일어나고, 수위조절에 의한 배지내 수분함량 조절도 쉽고, 지하부 생육 즉, 피경의 성숙기 수분관리가 중요한 작물에 있어서 수분제어가 쉽게 가능하며, 또한 시스템의 조작도 쉬워 타이머에 의한 조절이 가능하다. 박 등(1999)은 저면급수로 균일한 관수가 이루어져 생육이 좋고, 소량의 물로 수분관리가 가능하며, 비료관리의 표준화를 이룰 수 있으며, 특히 여름 고온기에 수온을 내려 화분내의 온도저하 효과를 얻어 호냉성 화훼의 재배를 꾀할 수 있고, 시스템운영방법이 단순하여 노동력을 대폭 절감할 수 있는 효율적인 방법이라는 것이 큰 장점이라고 하였다.

그러나 양액을 공급하는 방법은 지속적인 양분의 상승으로 인한 배지의 표층부 염류집적이 우려되는 단점이 있을 수 있다. 따라서 생육단계별 양액조성과 EC를 달리하여 공급해주는 연구가 필요할 것으로 생각되었다. 완효성비료 시험의 결과 감자에 필요한 양분을 생육기간 동안 적당하게 공급해 주면 비료염의 과잉공급으로 인한 손실도 줄일 수 있었는데, 멀티코트와 오스모코트를 폴리스티렌 상자당 각각 100g과 80g을 배양토와 혼합하여 공급해준

결과 지상부생육량은 양액공급에 비해 좋지 않았으나 收量形質에서는 양액공급처리에 비해 높은 塊莖收量を 얻을 수 있어서 충분히 양액공급방법을 대체할 수 있을 것으로 판단되었다. 그리고 완효성비료의 시비는 심지에 부착되는 감자뿌리의 양을 감소시켰으며, 저수조 즉, 베드 내로 침투하는 뿌리의 양도 줄어 들었다.

심지재배 시험결과 양액공급 처리구들은 생육후반에 過繁茂의 경향을 보였는데, 이는 養液의 EC(1.2mS/cm)를 생육후기까지도 변화를 주지 않고 계속 일정하게 처리하여 줌으로써 양분부족현상이 없었고, 이는 지상부생육을 촉진시켜 2차생장을 유도한 것으로 생각되었다. 감자의 塊莖形成과 肥大는 生長調節物質의 변화와 관련이 있는데, Sattelmacher & Marschner(1978)은 감자 양액재배에서 N공급의 중단이 生長抑制物質의 증가를 가져오며 이에 따라 괴경형성이 촉진됨을 보고하였고, Wan 등(1994)은 pH의 간헐적인 저하에 의해 괴경형성이 촉진된다고 하였다. 또한 Balamani & Poovaiah(1985)와 Hammes & Nel(1975) 등은 생장조절물질을 인위적으로 조절하기 위하여 合成物質을 경엽에 살포하여 괴경형성을 유도할 수 있다고 하였다. 이러한 보고는 감자의 괴경형성을 유기하기 위해서는 식물체내 생장조절물질이나 생리적 활성의 변화를 야기할 수 있는 環境條件의 변화를 가해야함을 알 수 있는데, 본 연구에서도 지상부의 과번무로 인하여 괴경비대기에 양액공급의 감소 또는 중단이 필요하다고 생각되었다.

비순환 양액재배에서 배출되는 배액에 의한 환경오염을 최소한으로 줄이기 위해서 양액 재배 방식을 순환식으로 전환하려면 고품배지 재배에서 배출되는 배액을 다시 사용하여야 한다. 그러나 지상부와 근권부 환경, 생육단계 및 품종 등에 따라 작물의 양수분 흡수 양상이 달라지고, 이로 인하여 배액내 무기이온 조성비도 달라진다. 따라서 지속적으로 배출되는 배액의 무기이온 성분비는 조건에 따라서 달라지게 되므로 배액의 무기이온 양을 고려하지 않고 계속 사용하면 일정성분의 무기이온이 집적되므로 작물의 생육, 수량 및 품질을 저하시킨다(Böme, 1995; Zekki 등, 1996). 이와 같이 비순환식은 물론 순환식 양액재배도 각기 문제점을 내포하고 있으나 환경오염 및 경제성을 고려할 때 앞으로의 양액재배는 모두 순환식으로 전환되어야 할 것이다(Bartosik 등, 1993; Jensen, 1997).

또한 감자의 종서생산 단계에서 분무경 또는 인공씨감자의 증식단계로서 망실하우스 내

에서 포장재배를 실시하고 있으나 연작과 집약적인 관리로 필연적인 염류집적 등의 피해가 발생하는 문제점이 있다. 국내 시설재배지 토양의 물리 화학성에 대한 실태조사결과에서 토양 중 염류의 집적이 심화되는 것으로 밝혀졌다(강 등, 1997; 정 등, 1994; 이 등, 1993; 정 등, 1998). 염류가 집적된 토양은 작물의 발아율과 입모율을 저하시킬 뿐 아니라 성장량 및 수량감소를 초래하고(강 등, 1996; 최 등, 1989; 유 등, 1993), 집적된 염류는 강우분포에 따라 지하수로 이동되기 때문에 수자원의 오염을 유발하기도 한다(정 등, 1994; Spalding 등, 1993; Jenison 등, 1994). 따라서 이러한 피해를 방지하기 위한 근본적인 해결방안으로서 심지양액재배에 의한 중서생산을 이용할 수 있을 것이라고 생각되었다.

7. 심지양액재배산 중서의 포장생산능력 검증

심지재배산 중서의 생산성 검정을 위해 2002년 봄과 가을, 2회에 걸쳐 중서크기별로 분류하여 시험을 수행한 결과, 봄재배에서는 5g이상의 심지재배산 중서크기가 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 중서크기와 처리차가 컸다.

그러나 전체적인 수량, 특히 上薯重은 50~80g중서크기처리를 제외하고는 1,000kg의 수량도 되지 않았다. 이렇게 수량성이 낮았던 이유는 제주지역의 주재배품종인 대지는 중만생계통으로서 충분한 생육기간 확보가 필수적인데, 제주지역의 장마개시기가 6월 19일(제주지방기상청, 1971~2000년 평년자료)로서 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 봄재

배시의 문제점에 대해 김 등(1993)은 우리나라 봄감자의 영양생장 및 괴경이 급속히 비대 되는 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 100~200 ℓ가 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 괴경형성과 비대기간의 일조시수가 평년에 비해 낮아 괴경비대에 불량한 조건으로 작용한 것으로 생각된다. 田口(1957)도 8년간 100품종에 대한 주요형질의 表現性を 검토한 결과, 株當莖數와 塊莖收量은 연차간 변이가 크고 개화일수와 진분가는 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(1.63

개), 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 결과를 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 최어나 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 보이는데, 知識(1985)도 식부시기와 출현상태가 수량에 큰 영향을 미친다고 하였고, 추작재배시 감자의 생육초기부터 단일조건으로 地上部生育量은 적으나 지상부의 생산물의 감자로의 분배율은 높다고 하였다.

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.

8. 形質間의 相關關係

시험 1인 培地種類와 栽植密度에 따른 생육과 收量形質의 相關關係에서 地上部生体重/株과 괴경관련 形質間의 상관은 그 정도도 낮은 편(0.346)이었고 地上部生体重/m²과 괴경관련 形質間의 相關도 역시 5g以上 塊莖收量에서만 相關關係를 보였고, 그 방향은 負의 相關을 보여 일정한 경향이 없었으며 相關程度(-0.356) 또한 매우 낮았다. 그러나 시험 2, 3, 4 그리고 5에서는 地上部生体重/株과 괴경관련 形질간에는 대부분 正의 相關關係를 보였으며, 그 정도도 塊莖數 관련형질을 제외하고는 높은 편이었다. 이러한 결과는 姜 등(1977)이 지상부중과 수량에 관하여 地上部重과 莖數는 비례하고 줄기당 착생되는 괴경의 수는 비슷하므로 莖數의 다소가 괴경발육에 직접적으로 영향을 미쳐 수량을 결정한다고 한 보고와는 相異하였지만, 崔 등(1988)이 봄재배시 장마 등으로 인한 생육기간의 제한되어 早期收穫할 경우에는 수확시의 지상부중 만으로 수량의 다소를 결정할 수 없었다고 한 보고와 비슷한 경향이였다. 그리고 본 연구에서 地上部生体重/株과 莖數 間에는 시험에 따라 相關關係가 높게 나타나기도 하고 낮게 나타나기도 하였으며 相關關係가 없는 것도 있었다. 즉, 시험 1인 경우에는 株當莖數가 1.00~1.17개(相關없슴), 시험 2인 경우에는 1.05~1.54개(0.449), 시험 3인 경우에는 1.06~2.53개(0.810), 시험 4인 경우는 1.11~2.42개(0.390), 시험 5인 경우

1.36~2.00개(相關없음)로 株當莖數가 비교적 많았던 시험 3을 제외하고는 相關程度가 낮음을 알 수 있었는데, 이것은 株當莖數가 2개 내외로 적었기 때문으로 생각된다.

株當莖數와 수량간에도 相關關係가 없는 것이 대부분이었으며 있더라도 시험 3을 제외하고는 相關程度가 낮은 편이었는데, 이러한 결과도 시험 3을 제외하고는 株當莖數가 적었던 데 기인하는 것으로 생각되었다.

이러한 결과로 보아 株當莖數를 증가시키는 것은 塊莖收量을 증가시키는 것과 동일한 것으로 생각되며, 萌芽數의 확보가 중요함을 알 수 있었다. 이것은 吉田(1979)의 연구결과에서 보고한 것과 같은 이유였는데, 그는 育芽한 종서와 육아하지 않은 종서는 괴경크기가 같더라도 株當莖數에 있어 차이가 있고, 충분히 육아하면 株當莖數는 증가한다고 하였으며, 育芽時의 맹아수와 株當莖數와는 평행적인 관계에 있다고 하였다.

심지양액재배 시험결과 모든 시험들에서 塊莖數와 塊莖收量 間에는 正의 相關關係를 보였지만 塊莖數와 塊莖平均重 間에는 相關關係가 없었다. 이러한 결과는 吉田(1979)이 단위면적(m²)당 塊莖數는 株當莖數와의 사이에 높은 正의 相關이 있으며, 塊莖數가 많으면 직선적으로 소립화하고 塊莖數도 塊莖平均重과 負의 相關이 있다고 한 보고와는 약간 다른 결과를 보였다. 또한 그는 비교적 塊莖數가 적은 경우에도 기후조건과 자연재해 등의 영향으로 비대기간(출아후일수)이 짧아지면 비대가 나빠져 10a당 수량에서 240g을 넘는 괴경을 얻을 수 없다고 하였으며, m²當主莖數와 m²當塊莖收量 間에는 직선적관계인 완전상관으로서, 회귀계수는 10a當 1일 68.6kg이 증가한다고 하였다.

9. 심지양액재배의 활용가능성

김(2000)은 양액재배 등에서 생산되는 소괴경은 크기에 따라서 생리적 활성에 차이가 있어 1~2회 증식까지는 기존의 일반 씨감자에 비하여 작은 괴경의 생산량이 다소 증가될 가능성이 있으나 3회 이상 증식에서는 씨감자 가격과 생산성에서 차이가 없으므로 씨감자의 생산효율 증대와 채종비용 등을 감안하면 3회 정도 증식 후 보급하는 것이 타당할 것이라고 하였는데, 본 시험연구에서 심지재배산 씨감자의 무게가 5g 이상인 것을 재배한 결과

塊莖平均重이 봄재배에선 30g, 가을재배에서는 40g 이상으로 심지재배산 종서를 1회 증식 후 농가에 보급해도 안전생산에 문제가 없을 것으로 생각되었다. 그러나 씨감자의 증식단계에서 바이러스병 등의 감염에 의한 병리적 퇴화가 문제되지 않는 채종환경 조건이라면 상위단계 씨감자의 생산량을 줄이고 증식단계 회수를 늘리는 것이 효과적이므로 채종환경과 기술을 개선하여 종서생산 비용을 줄이는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

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.

이(1994)는 갱신효과가 큰 작물인 감자는 종자의 매년 갱신이 필요하나 갱신통율은 20% 내외의 수준에 불과하며 증식배율이 타 작물에 비하여 낮고 단위면적당 종서소요량이 많아 일시에 종자갱신통율의 대폭적인 제고는 곤란한 실정이며, 채종적지의 부족, 채종환경의 악화, 채종기술인력의 부족 등으로 우량종서의 공급율이 낮은 실정이라고 하였고, 김(2002)은 채종환경이 좋은 일본, 미국, 화란 등의 국가에서는 채종단계를 늘리는 대신 상위단계 씨감자 생산을 축소하여 집약적 병검정 실시로 씨감자 품질을 높이는 경향이지만 우리나라는 채종환경이 불량하여 채종단계를 축소하는 것이 유리하므로 상위단계 씨감자의 생산량 확대가 필요하다고 하였다. 이와 같이 채종적지 확보의 어려움과 괴경의 특성으로 인한 종서갱신통율 제고의 어려움을 극복하기 위해서는 종서생산단계의 축소와 시설내 종서생산이 이루어져야 할 것으로 생각되는데, 시설내 종서생산의 장점으로 신(1997)은 연중 대량 생산이 가능하고 기상환경에 영향을 받지 않아 생산의 안정성을 기할 수 있어 계획생산이 용이하며, 지역성이 배제되기 때문에 전국 어디서나 기술과 시설이 있으면 생산할 수 있어 수송비용이 적게 든다고 하였다.

따라서 심지양액재배를 이용 씨감자를 생산할 경우 일반씨감자와 동일한 크기의 괴경생

산이 가능하여 심지재배산 괴경을 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.

구 등(1999)은 분무경 양액재배는 재배품종과 기상환경 등에 따라 괴경형성처리에 있어 어려움이 있다고 하였고, 이로 인해 분무경 양액재배시설 면적확대에도 어려움이 있다고 하였다. 그러나 본 연구의 결과에서 보듯이 괴경형성을 위한 생장조정제나 pH 저하처리 등의 처리를 하지 않았음에도 괴경형성이 일반포장에서와 같이 이루어지는 것으로 보아 특별한 기술 없이도 괴경형성이 가능하기 때문에 농가에서도 직접 심지재배시스템을 활용할 수 있을 것이라고 생각된다.

그리고 심지재배시스템은 환경을 제어할 수 있는 비닐하우스 또는 유리온실 등의 시설 내에서 재배하기 때문에 묘소질 증, 분무경산 소괴경, 인공씨감자, 경삼묘 등 감자묘의 종류에 관계없이 심지재배에 사용할 수 있을 것으로 생각되며, 분무경산 씨감자의 크기가 1g과 3g처리도 5g以上 塊莖收量/m²이 각각 3.1kg와 4.1kg이었고, 절단재배시 분무경산 소괴경 10g크기를 4절한 것과 20g크기를 4절한 것도 각각 4.0kg, 4.3kg의 5g以上 塊莖收量/m²을 얻을 수 있었던 결과로 보아 크기에 상관없이 분무경 양액재배를 통해 생산된 소괴경을 모두 심지재배에 이용할 수 있어 씨감자 증식효율을 높힐 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구의 결과로 보아 심지양액재배에 의해 생산된 5g 이상의 괴경은 일반 노지포장에서 일반종서와 비슷한 크기의 種薯規格薯重과 塊莖平均重을 보임으로써 환경적응력이 분무경산에 비해 높다고 생각된다. 따라서 심지양액재배산 종서를 직접 농가에 보급해도 지장이 없을 것으로 판단되며, 분무경 양액재배와 같이 괴경형성처리에 있어 어렵거나 세심한 관리가 없어도 괴경형성과 비대에 어려움이 없을 것으로 보인다. 또한 심지양액재배 시스템은 간이 양액재배시설에 속하여 적당한 모터펌프와 타이머로도 제작이 가능하여 농가가 직접 관리하기도 쉬울 것으로 생각된다. 따라서 기존의 종서생산체계보다 축소시킬 수 있는 생산기술이라고 판단되며, 조직배양묘 또는 경삼묘 생산(무병주도입단계)→분무경양액재

배(1차증식단계)→심지양액재배(2차증식단계)→증식 또는 농가보급의 4단계의 종서생산체계와 무병주 도입단계에서 직접 심지양액재배단계를 거친 후 증식단계 또는 농가보급단계인 3단계로 종서생산체계를 기존보다 1~2단계를 축소할 수 있을 것으로 생각된다.



VI. 적 요

감자의 심지 양액재배법 확립을 위해 적정 배양토, 栽植密度, 심지수, 종서크기 그리고 완효성비료 등에 관한 연구를 수행하여 효율적이고 안정적인 종서생산을 위한 심지양액재배 시스템을 개발하고, 이를 통하여 생산된 씨감자의 종서생산능력을 검정하여 심지시스템의 종서생산단계로서의 적용가능성을 검토하고자, 2002년 3월부터 2002년 12월까지 제주대학교 연구실습센터 유리온실과 포장(33°27' 20" N, 표고 277m)등에서 수행하였으며, 시험에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험1. 분무경산 종서의 심지 양액재배시 상토별 적정 栽植密度 구명

葉重을 제외한 播種 70일 후의 모든 生育形質들에 대해서 제주송이(scoria)+피트모스 혼용배지(1:2, v/v)보다 펠라이트+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 평균 중은 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

펄라이트 혼용배지가 각각 2.6kg정도씩 더 많았다. 따라서, 심지양액재배에 적합한 배지는 펄라이트와 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 수량면에서 유리하였다.

시험2. 심지재배시 적정 수평형심지수 구명

수평형 모양의 심지수가 폴리스티렌상자 당 2개에서 10개로 증가할수록 葉長은 18.7에서 27.9cm으로, 葉幅은 12.9에서 20.3cm으로, 葉重은 3.4에서 9.0g으로, 莖徑은 4.7에서 8.1cm으로 증가하는 경향을 보였으며, 株當莖數도 심지수가 증가할수록 증가하는 경향이었고, 莖長은 심지수 8개 처리구까지는 25.2cm에서 78.4cm로 길어지다가 10개 처리에서 다소 감소하였으며, 株當 地上部生体重도 8개 처리까지는 46.0g에서 263.3g으로 무거워지다가 10개 처리구에서 244.7g으로 감소하는 경향을 보였다.

塊莖平均重은 심지수가 2개에서 8개로 증가하면 13.4g에서 38.5g으로 증가하다가 심지수 10개에서는 36.2g으로 다소 감소하였으며, 대조구는 42.3g으로 가장 무거웠으나 심지수 8, 10개 처리구와는 유의한 차이는 없었다.

씨감자로 이용할 수 있는 크기인 5g 이상의 株當塊莖數는 2.84개에서 8.04개의 범위를 보여 그 폭이 컸으며, 심지수가 6개 이상 처리구에서 7.00~8.04개로 대조구에 비해 2.40~3.44개 정도가 더 많았다.

總塊莖收量/m²과 5g以上 塊莖收量/m²은 심지수가 증가할수록 급격한 증가를 보였으며, 심지수 6개와 대조구와는 비슷한 수량을 보였고, 심지수 8, 10개 처리구에서는 5g以上 塊莖收量이 각각 12.4kg, 13.1kg으로 대조구에 비해 각각 30.9, 38.1%가 증수된 결과를 보였다.

따라서 심지양액재배에 적합한 심지수는 8개로서 폴리스티렌 상자의 내부 밑면에 놓혀 설치하는 것이 배지의 충진작업에도 유리하였다.

시험3. 분무경산 종서의 크기별 심지재배 생산성

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 괴경의 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 괴경도 m^2 당 100개 이상을 생산할 수 있었다.

塊莖平均重과 5g以上 塊莖平均重은 괴경크기가 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 $1m^2$ 당 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/ m^2 이 각각 3.1kg과 4.1kg 정도의 수량을 보여 크기에 상관없이 분무경산 종서를 모두 심지재배에 사용할 수 있을 것으로 생각되었다.

시험4. 분무경산 씨감자의 절단재배 가능성 검토

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

았다.

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 중서크기가 비슷한 것은 塊莖平均重도 비슷한 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 중서는 5g내외로 절단하여 사용하는 것이 가능할 것으로 생각된다.

시험5. 심지재배시 상토의 재사용을 위한 양분공급방법 개선

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 80g처리가

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.

따라서 심지재배시스템에서 완효성비료의 사용은 양액공급을 대체할 수 있었으며, 단비의 사용가능성도 확인하였다.



시험6. 심지재배산 종서의 포장생산 능력검정

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 2.50개이던 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.



VI. 참고 문헌

- Adams, P. 1992. Crop nutrition in hydroponics. Acta Hort. 323:289~305.
- Allen, E. J. 1978. Plant density. In : The potato crop by P. M. Harris. Chapman and Hall. London. pp.178~326.
- Al-Sahaf. F. H. 1984. The effect of root confinement and calcium stress on the physiology, morphology and Cation nutrition in tomatoes(*Lycopersicon esculentum* Mill) Ph. D. Thesis, Lincoln University, New zealand.
- 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.
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1995a. Root-medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettia grown in five root media. HortScience 30:535~538.
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1995b. The effect of irrigation method, water-soluble fertilization, preplant nutrient charge, and surface evaporation on early vegetative and growth of poinsettia. J. Amer. Soc. Hort. 120:163-169.
- 배종향, 유성오. 1999. 품종과 재배조건이 여름철 양액재배 반결구 상추의 생육, 품질 및 잎 끝마름증 발생에 미치는 영향. 생물환경조절학회지. 8(2):83~89.
- Barker, W. G. 1953. A method for the in vitro culturing of potato tubers. Science 118: 384~385.
- Bates, G. H. 1935. A study of the factors influencing size of potato tubers. J. Agr. 25:

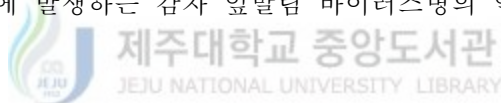
279~313.

- 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 polyurethane as on ecological growing medium. *Plasticulture* 88:41~48.
- Bodlaender, K. B. A. 19 60. The influence of temperature on the development of potatoes. *Inst. Wageningen.* 112: 69~83.
- Bradely, G. A. and Pratt, A. J. 1955. The effect of different combination of soil moisture and nitrogen levels on early plant development and tuber set of the potato. *Amer. Potato J.* 32:254~258.
- Bushnell, J. 1925. The relation of temperature to growth and respiration in the potato plant. *Tech. Bull. Minn. Agric. Exp. Stn.* 34: 29.
- 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 Kim, Y. H. 1992. Effect of the flooding height of nutrient solution on the yielding ability of Cherry Tomato used cuttage seedling in scoria medium culture. *Subtrop. Agric. Cheju Nat. Univ.* 9:43~57.
- Chang, J. I. and Park, Y. B. 1992. Study on the soli medium Scoria in nutrient solution culture system of Cherry Tomatoes. *Subtrop. Agric. Cheju Nat. Univ.* 9:59~86.
- Chapman, H. W. 1958. Tuberization in the potato plant. *Physiol Plant* 11: 215~224.
- 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.
- 최종명, 안주원, 구자형, 이영복. 1997. 고추의 플러그 육묘시 몇 가지 배양토 재료의 혼합비율이 토양물리성과 묘 생장에 미치는 영향. 한원지. 38(6):618~624.
- 최승락, 이춘희, 이한생, 신원교, 이추식. 1989. 포화토양 용액의 전기전도도가 채소류의 발아, 발근 및 출아에 미치는 영향. 농시논문집(토양비료편) 31(1): 56~62.
- 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.
- 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.
- Davis, J. M., Loesser, W. H., Hammond, M. W., Thornton, R. E. 1986. Response of potatoes to nitrogen form and to change in nitrogen form at tuber initiation. J Amer Soc Hort Sci 111: 70~72.
- Davis, T. D., Walser, T. H., Sankhla, N. 1986. Growth and photosynthesis of poinsettias as affected by plant growth regulators. J Current Bioscience 3: 121~126.
- De Bokx J. A. 1972. Viruses of potatoes and seed-potato production.
- 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.
- Desmond, D. 1991. Growing in perlite. Grower digest 12. Grower Publications Ltd. UK. pp.3~5.

- 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.
- Doll, E. C., Christenson, D. R. and Wolcott, A. R. 1971. Potato yield as related nitrate levels in petioles and soil. Amer. Potato J. 48:105~112.
- Dyson, P. W. 1965. Effects of gibberellic acid and (2-chlorethyl)-trimethylm ammonium chloride on potato growth and development. J Sci Food Agric 16: 542~549.
- Epstein, E. 1966. Effect of soil temperature at different growth stages on growth and development of potato plants. Agron. Jour. 58: 169~171.
- Evans, M. R., Konduru, S. and Stemps, R. H. 1996. Source variation in physical and chemical properties of cocnut cocopeat dust. Hor. Sci. 31(6):965~967.
- Ewing, E. E. 1978. Shoot, stolon and tuber formation on potato(*Solanum tuberosum* L.) cutting in response to photoperiod. Plant Physiol 61: 348~353.
- Fonteno, W. C., O. K. Cassel, and R. A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. J. Amer. Soc. Hort. Sic. 106:736~741.
- Fox, D. S. 1916. A farm crop survey in New York with especial reference to Potato production unpublished theses. Cornell Univ.
- Gifford, R. M., J. Moorby, 1967. The effect of CCC on the initiation of potato bubers. Eur. Potato J. 10:235~238.
- Goodwin, P. B., A. Brown, J. H. Leonard, and F. L. Nailthorpe. 1969. Effect of stom density of potato production. Agrc. Sci. Camb. 73:167~176.
- Gregory, L. E. 1954. Some factors Controlling tuber formation in the potato plant.

- Ph.D. thesis. Univ. of California. Los Angeles.
- Gregory, L. E. 1956. Some factors for tuberization in the potato plant. Amer. J. Bot. 43:281~288.
- Gregory, L. E. 1956. Some factors for tuberization on the potato plant. Amer. J. Bot. 43:281~288.
- 한은주. 1987. 식물생장조절제와 배지조성 방법이 감자의 기내괴경 형성에 미치는 영향. 서울여대 석사학위 논문.
- Hammes, P. S., Nel P. C. 1975. Control mechanisms in the tuberization process. Potato Res 16: 262~272.
- 함영일. 1991. 한국에 발생하는 감자 잎말림 바이러스병의 역학적 연구. 강원대 박사학위논문.
- 함영일, 박천수, 안재훈, 최관순. 1993. 감자播種후 절편부패의 원인구명 및 방제에 관한 연구. 농업논문집 35(1):530~533.
- 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.
- Harvey, B. M. R., Crothers, S. H., Evans, N. E., Selby, C. 1991. The use of growth retardants to improve microtuber formation by potato(*solanum tuberosum* L.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 27: 59~64.
- Haverkort, A. J and P. M. Harris. 1986. Conversion coefficients between intercepted solar radiation and tuber yield of potato crops under tropical highland conditions. Potato Res. 29: 529~533.



- 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.
- 홍순영. 2001. 제주지역 감자더닝이병 발생 특성 및 방제. 박사학위논문. 제주대학교 대학원 85pp.
- 황병국. 1985. 식물병원 바이러스. In “식물의학”. pp. 251~273.
- Hussey, G. and N. J. Stacey. 1981. In vitro propagation of potato(*Solanum* spp.). Ann. Bot. 48:787~797.
- 현관희. 2002. 제주도 씨감자 수급동향과 생산체계. 우량종서 생산기술 세미나. 전북대학교 농과대학 생물자원시스템 공학부 생물자원기계 공학전공. pp.21~32.
- Iritani, W, M, 1968. Factors affecting physiological aging(degeneration) of potato tubers used as seed. Amer, potato J. 45:111~116.
- Iritani. W. M. 1981. Growth and preharvest stress and processing quality of potatoes. Amer. Potato J. 58:24~31.
- 장동철, 김승열, 조지홍, 김현준, 박천수, 정진철, 신관용, 김인수. 1997. 소피경 생산을 위한 양액채배기술 개발 연구. 고령지농업시험장 시험연구보고서: 143~148.
- Jameson, P. E., McWha, J. A., Haslemore, R. M. 1985. Changes in cytokinins during initiation and development of potato tubers. Physiol Plant 63: 53~57.
- Jarvis, R. H. and G. M. Palmer. 1973. Relationships of seed size, spacing, stem numbers to yield of potato. Expl. Husb. 24: 29~36.

- 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.
- 정병간, 최정원, 윤을수, 윤정희, 김유학, 정구복. 1998. 우리나라 시설원에 재배지 토양 화학적 특성. *한국토양비료학회지* 31(1) : 9~15.
- 정이근, 이춘수, 임동규. 1994. 화학비료의 발전방향, 21세기를 향한 비료개발과 정책방향 심포지엄. *한국토양비료학회* : 22~47.
- 정승룡, 이돈균, 함영일, 박영섭. 1983. 감자의 년차별 퇴화와 각종 바이러스병의 수량감수에 관한 연구. *고시연보.* 105~111.
- Jeon, J. H., Joung, H., Park, S. W., Kim, H. B., Byun, S. M. 1992. Regulation of in vitro tuberization of potato(*solanum tuberosum* L.) by plant growth regulators. *Korea J Plant Tissue Culture* 19: 67~73.
- Jeon, J. H., Joung, H., Park, S. W., Kim, H. S., Byun, S. M. 1991. Effect of physiological status of potato (*Solanum tuberosum* L.) stems on in vitro tuberization. *Korea J Plant Tissue Cult* 18: 133~238.
- Jo. I. S., Hyun, B. K., Cho, H. J. and Jang, Y. S. 1997. Three phases and water characteristics of Horticultural Substrates. *J. Kor, Soc. Soil. SCI. Fert.* 30(1): 56~61.
- 조재영. 1986. 전작. *향문사*: 389~448.
- 조성진 외 10인. 1985. 토양학. *향문사.* pp.58~169.
- John, M. W. and C. K. Wright. 1998. Soil water and root growth. *Hortscience.* 33:951~959.
- 강봉균, 송창길, 김찬우, 박정식, 문현기, 오태수, 오문학. 2003. 감자 플러그묘 심지재배에서 심지수에 따른 상위급종서의 생산성. *한작지* 48(3): 191~195.

- 강종구, 김승열. 1995. 양액재배에 의한 감자 소피경 형성 및 비대촉진에 관한 연구. 농업과 학논문집. 37(6):761~766.
- 강보구, 정인명, 김재정, 홍순달, 민경범. 1997. 충북지역 시설재배 토양의 화학적 특성, 한국 토양비료학회지 30(3): 265~271.
- 강보구, 정인명, 민경범, 김재정. 1996. 염류집적이 상추의 발아 및 생육에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 29(4): 360~364.
- Kang, J. K. and Kim, S. Y. 1995. Studies on tuber formation and enlargement of potato(*Solanum tuberosum* L.) in hydroponics. RDA J. Agri. Sci. 37: 187~199.
- Kang, J. K., Yang, S. Y. and Kim, S. Y. 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.
- Karuss, A. 1978. Tuberization and aloscisci acid content in solanum tuberosum as affected by nitrogen nutrition. Potato Res. 21:183~193.
- 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
- Kim, K. T., Kim, S. B., Ko, S. B. and Park, Y. B. 1997. Effects of minituber picking intervals on the yield and tuber weight of potato grow in aeroponic. RDA J. Hort. Sci. 39(2): 65~69.
- Kim, K. T., Kim, S. B., Ko, S. B., Kim, K. H. and Jeong, S. K. 1998. Field growth and yield characteristics of mini-tubers potato produced by hydroponics. RDA J. Hort.

- Sci. 40(1): 140~144.
- 김철균. 1998. 양액재배에 의한 우량씨감자 생산체계. 제주도의 감자 재배진망과 우량씨감자 공급체계 '98 제1차농업과학 세미나. PP.30~45.
- 김현준. 1980. 가공용 감자 품종선발에 관한 연구. 농시연보. 원예편27(1): 39~45.
- 김현준, 김승열, 신관용, 양성지. 1997. 栽植密度와 질소시비수준이 가공용 감자의 중심공동 및 내부갈색반점 발생정도에 미치는 영향. 한원지. 38(3):107~110.
- Kim H. J., S .Y. Kim, K. Y. Shin, and S. J. Yang. 1992. Effects of plant density and nitrogen fertilizer level on the occurrence of the hollow heart and internal brown spot of potato tubers for processing. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(2):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, H. J., Kim, K. S., Kim, W. B., Choi, K. S. 1993. Studies on small seed potato (*Solanum tuberosum* L.) multiplication by hydroponic and its practical use. RDA J Agri Sci 37: 24~27.
- Kim, H. J., Kim, S. Y., Kang, J. G., Om, Y. H., Kim, J. K. and Choi, K. S. 1996. Effect of methods used for the production of plantlet from shoot cultured in *in vitro* on the growth and yield of hydroponically grown potato. RDA J. Agri. Sci. 38(2): 217~222.
- Kim, H. J., Ryu, S. Y., Choi, K. S., Kim, B. H. and Kim, J. K. 1997. Mass production

- of seed potato via hydroponic culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 38(1):24~28.
- 김정간, 김승열, 조현목, 임채일, 조장환. 1992. 고랭지에 있어서 감자의 조·만생 품종간 물 질생산 특성과 유전성분의 차이. 1. 품종 및栽植密度에 따른 생육특성의 경시적 변화. 농시논문집(원예편) 34(2):113~122.
- 김성배. 1999. 제주지역에서 감자 재배기술의 발전을 위한 연구. 박사학위논문. 제주대학교 대학원 63pp.
- 金崇烈, 金裕喆, 成一藏, 金剛權. 1979. 이기작 감자재배에 있어서 춘작 수확기의 조만이 추 작생산성에 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, 김정간, 임명순, 조현목, 채제천. 1991. 栽培環境이 감자의 塊莖比重 및 收量에 미치는 影響. 農試論文集(園藝篇) 33(2):54~57.
- 김승열. 1991. 질소시비, 토양수분 및 재배방법이 감자의 생육, 수량 및 건물율에 미치는 영향. 단국대학교.
- 김승열, 윤영호, 박천수, 장동철. 1999. 양액재배에 의한 씨감자 생산효율증대시험. 고령지농업시험장 시험연구보고서: 175~185.
- 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 Y. C. 1979. In vitro tuber formation from aseptical maintenance. Chonbuk Nat. Univ. Ph. D. Thesis, Korea.
- 김유철. 1994. 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵. pp 3~12.

- Knutsson, M., J. Lundh, L. Mathiasson, J. A. Jonsson, and P. Sundin. 1996. Supported liquid membranes for the extraction of phenolic acid from circulating nutrient solution. *Analytical letters* 29:1619~1635.
- Koda, Y., Okazawa, Y. 1983a. Characteristic changes in the levels of endogenous plant hormones in relation to the onset of potato tuberization. *Japan J. crop Sci* 52: 592~597.
- Koda, Y., Okazawa, Y. 1983b. Influences of environmental, hormonal and nutritional factors on potato tuberization in vitro. *Japan J Crop Sci* 52: 582~591.
- Koda, Y., Okazawa, Y. 1988a. Detection of potato tuber-inducing activity in potato leaves and old tubers. *Plant Cell Physiol* 29: 967~974.
- Koda, Y., Okazawa, Y. 1988b. Isolation of a specific potato tuber-inducing substance from potato leaves. *Plant Cell Physiol* 29: 1047~1051.
- 고령지농업시험장. 1992. 감자 무병종서생산에 관한 연찬회 발표자료. p. 6.
- 고령지농업시험장. 1998. 양액재배에 의한 우량씨감자 대량증식 기술개발에 관한 연구. 농촌진흥청. 101pp.
- Krauss, A. 1978. Tuberization and abscisic acid content in *Solanum tuberosum* as affected by nitrogen nutrition. *Potato Res* 21: 183~193.
- Krauss, A. and Marschmer, H. 1982. Influence of nitrogen nutrition daylength and temperature on contents of gibberellic and abscisic acid and on tuberization of potato plants. *Potato Res.* 25:13~21.
- Kumar, D., Wareing, P. F. 1973. Studies on tuberization in *Solanum andigena* I. Evidence for the existence and movement of a specific tuberization stimulus New

Phytol 72: 283~287.

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.

이 균, 정향영, 함영일, 김관수. 1985. 감자 신품종 수미에 대한 재배상 주요 특성에 관한 연구. 한원지 26(1): 29~33.

Lee, B. S., Park, S. G. and Chung, S. J. 1998. Effects of substrates and irrigation methods on the plant growth and fruit yield of hydroponically grown cucumber plants. J. Bio. Fac. Env. 7(2):151~158.

이춘수, 허범량, 송효성, 곽한강. 1994. 토양검정에 의한 채소류의 3요소 시비량 조정. 한국 토양비료학회지 27(3): 85~91.

이남호, 남상운, 황한철, 홍성구. 1998. 시설영농을 위한 용수 및 농지의 효율적 이용·관리 기술 개발. 농림수산기술개발사업 2년차 보고서.

이상용, 1994, 종서생산 현황과 문제점, 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵, 농촌진흥청 고령지시험장, pp.58~86

이상용. 1994. 감자무병종서 및 인공씨감자 생산을 위한 바이러스 검정방법 워크샵. pp 58~86.

이신찬, 김양록, 양상호, 황재중, 강호준, 허채현, 현승원, 정순경. 1997. 제주 송이버지의 양분 탈흡착 특성에 관한 연구. 한국생물생산시설환경학회 심포지엄 및 학술논문발표요지. 한국생물생산시설환경학회 Vol.6(2) pp.57~60.

- 이정식, 류병열. 1996. 유기질 원료로 만든 배양토의 pH, EC 및 물리적성질의 변화와 포인 세티아의 생장. 한원지. 37(6):810~814
- Lee, Y. B., Park, K. W., Roh, M. Y., Chae, E. S., Park, S. H. and Kim, S. H. 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.
- 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.
- 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.
- Mangel, K. and Kirkby, E. A. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. p.317.
- McCown, B. H., Joyce, P. J. 1991. Automated propagation of micro-tubers of potato. In Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Academic Press Inc, pp 95~109.
- Melis, R. J. M., Staden, J. V. 1984. Tuberization and hormones. Z Pflanzenphysiol Bd 113: 271~283.
- Menzel, C. M. 1983. Tuberization in potato at high temperatures: Gibberellin content and transport from buds. Ann. of Bot. 52:697~702.
- Mes, M. G., Menge, G. 1954. Potato shoot and tuber cultures in vitro. Physiol Plant 7: 637~649.
- Meyer, A., Miersch, O., Buttner, C., Dathe, W. and Sembdner, G. 1984. Occurrence of the plant growth regulator jasmonic acid in plant. J. Plant Growth Regul 3:1~8.

- 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.
- Montaldi, E. R., Claver, F. K. 1963. Tuberization and of the potato plant under non-inducing conditions. *Europ Potato J.* 6: 223~226.
- Moorby, J. 1967. Inter-stem and inter-tuber competition in potatoes. *Eur. Potato J.* 10:189~205.
- 남상운, 이남호, 전우정, 황한철, 홍성구, 허연정. 1999. 양액재배 급액제어모델 개발에 관한 기초연구. *한국농공학회지* 제14권 제2호:37~43.
- Neeno-Eckwall, E.C. and J.L. Schottel. 1999. Occurrence of antibiotic resistance in biological control of potato scab disease. *Biol. Control* 16:199~208.
- 농촌진흥청. 1993. 감자재배. *표준영농교본*. 31: 67~107.
- 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, 特に時間に關する實驗. *農業及園藝* 17 (8):1027~1030.
- Ojala, J. C. Stark, J. C. and Kleinkopf, G. E. 1990. Influence of irrigation and nitrogen management of potato yield and quality. *Am. Potato J.* 67:29~43.
- Palmer, C. E. and O. E. Smith, 1969. Cytokinin and tuber initiation in the potato(*Solanum tuberosum* L.) cultured in vitro. *Plant and Cell Physiol.* 11:303~314.
- Palmer, C. E. and Smith, O. E. 1969. Cytokinins and tuber initiation in the potato(*Solanum tuberosum* L.). *Nature* 221: 279~280.

- Papadopouloes, P. A. and H. Tiessen, 1987. Root and air temperature effects on the elemental composition of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(6):988~993.
- Park, H. K., Park, M. S., Kim, T. S., Choi, I. L., Jang, Y. S. and Kim G. S. 1994. Cutting propagation of *Eleutherococcus Senticosus* MAXIM. Kor, J. Medicinal Crop Sci. 2(r):133~139.
- Paulitz, T. C. 1997. Biological control of root pathogens in soilless and hydroponic system. Hortscience 32:103~106.
- Poul Karlson, 1997. Roat temperature and stem elongation. Acta, Hort. 435:33~45.
- Reed, D. W. 1996. Water, media, and nutrition for greenhouse crops. p. 110~111. Ball Publishing. Illinois.
- Roh, M. Y. and Y. B. Lee. 1996. Control of amount and frequency of irrigation according to integrated solar radiation in cucumber substrate culture, Acta Horticulturae, 440, pp. 332~337.
- 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.
- 신관용. 1997. 한국의 종서 생산기술 발전 과정과 전망. 한국감자 산업의 현재와 미래 심포지움. 고령지시협장 pp.27~41.
- 송창훈, 장전익, 박용봉, 1992. 과채류 양액재배 실용화 연구. 농촌진흥청 연구보고서. pp26~60.
- Shantz, H. L. and L. N. Piemeisel. 1927. The water requirement of plants at Akron, Colo. J. Agric. Res. 34:1093~1190.
- Son, K. C., Paek, K. Y., Park, W. K. and Kim, T. J. 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.
- 손순주, 윤재탁, 최영언. 1976. 감자 채종적지에 따른 병충해 발생조사. 경북농진연보. pp.631~643.
- 손정익, 장진택, 이병일, 1997. 순환경 무토양재배 시스템 양액 및 배지의 열적 특성, 한국생물생산시설환경학회 요지집 6(1):59~61.
- Spalding R. F. and M. E. Exner. 1993. Occurrence of nitrate in groundwater - A Review. J. Environ. Qual. 22 : 392~402.
- 田口啓作. 1957. 馬鈴薯品種の交雜育種の關する研究. 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.
- Udagawa, Y., T. Ito and K. Gomi. 1989. Effects of root temperature on some physiological and ecological characteristics of strawberry plants 'Reiko' grown in nutrient solution. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 58(3):627~638.
- Ueda, J., Kato, J., Yumane, H., Takahashi, N. 1981. Inhibitory effects of methyl jasmonate and its related compounds on kinetin-induced retardation of oat leaf senescence. Physiol Plant 52: 305~309.
- van Os, E. A. 1995. Engineering and environmental aspects of soiless 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.

- Voipio, I. and J. Autio. 1995. Response of red-leaved lettuce to light intensity. UV-A radiation and root-zone temperature. *Acta Hort.* 399:183~187.
- Wang, P. J., Hu, C. Y. 1982. In vitro mass tuberization and virus-free seed potato production in Taiwan. *Am Potato J* 59: 33~39.
- Wang, P. T. and C. Y. Hu. 1985. Potato tissue culture and its application in agriculture. *Potato physiology* pp. 503~577.
- Wang, Y. H. and S. Tachibana. 1996. Growth and mineral nutrition of cucumber seedlings as affected by elevated air and root-zone temperature. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 64(4):845~852.
- 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 successive 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 technique(NFT). *Amer. potato J.* 67: 177~187.
- Wheeler, R. M., K. L. Steffen, T. W. Tibbitts and J. P. Palta. 1986. Utilization of potatoes for life support systems. II. The effects of temperature under 24-h and 12-h photoperiods. *Amer. potato J.* 63: 639~647.
- Wheeler, R. M., Tibbitts, T. W. 1986. Growth and tuberization of potato (*solanum tuberosum* L.) under continuous light. *Plant Physiol* 80: 801~804.

- 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 different growing media. Acta Hort. 178:115~119.
- Wurr, D. C. 1972. Control of tuber size in the seed crop. EAPR. 5th trennial confernce book.
- 양액재배기술. 1997. 농촌진흥청. p114.
- 양액재배의 이론과 실제. 1996. 충남농촌진흥원. p.12.
- 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. 원예시험장 시험연구보고서 pp.324-339.
- 임명순, 박연희, 김정간, 김승열, 조현묵, 한병희. 1990. 감자 괴경의 기내 대량생산 및 실용화에 관한 연구. I. 괴경의 기내 대량생산에 관여하는 몇가지 요인. 농시논문집(원예편)32(3):46~53.
- 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.
- Zhou, Z. H., S. M. Luo, Z. P. Mou. 1997. Allelopathic effect of tomato. Chinese J. App. Eco. 8:445~449.
- 유언하. 1990. 우리나라 감자 및 종서 생산 현황 및 문제점. 수입개방화에 대응한 우량종서

생산 심포지엄 발표요지. pp 9~22.

윤순기, 김형무, 김준범. 1982. 무병씨감자 생산에 관한 연구. 전북대 농대 논문집. 13:9~15.

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.



감사의 마음을 전합니다.

장마비가 주룩주룩 내리는 지금에야 올해 초 늦게 마음을 먹고 시작한 논문이 마무리 지어지는군요. 게으름을 부린 탓에 갈수록 시간의 모자람에 부딪혀 조금만 더 잘했으면 하는 제 마음의 욕심을 채우지 못해 아쉽습니다. 그래도 이렇게 책으로 만들어지기까지의 과정이 소중한데 또 하나의 크나큰 경험을 했다고 스스로 위로해 보기도 합니다.

감자에 대한 저의 욕심은 끝이 없지만 그래도 이렇게 인사의 말을 올릴 수 있음에 모든 도와주신 분들에게 감사를 먼저 드립니다.

무엇보다 논문을 쓸 수 있는 계기가 되게 해주신 김한림 지도교수님께 감사를 드립니다. 학부시절부터 석사과정 그리고 정년을 남기고 계신 교수님의 마지막 박사제자가 된다는 점에 아쉬움과 영광을 함께 드립니다. 교수님, 정말 눈에 보이게 안보이게 저를 생각해 주시고 항상 아껴주셨고 지도편달을 해주신 은혜에 감사드립니다. 건강하십시오.

그리고 본 연구의 심사위원장을 맡아 세심한 논문심사를 이끌어 주신 고영우 교수님과 부위원장을 맡아주신 강영길 교수님과 깊은 관심으로 논문을 심사해 주신 전용철 교수님과 문정수 농업기술원 과장님께도 감사의 말씀을 드립니다. 또한 조남기 교수님과 박양문 교수님 그리고 권오균 교수님께도 감사를 드리며, 항상 격려와 관심을 가져주신 오현도 교수님께도 감사드립니다. 그리고 송창길 교수님께도 아낌없는 조언과 연구지원에 감사를 드리며, 감자에 대한 자료를 제공해 주시고 끝까지 많은 도움을 제공해 주신 강봉균 박사님께도 감사를 드립니다. 그리고 농업기술원 강형식 박사님께도 감자 자료와 조언에 대해 감사드리며, 동기인 고통환 조교와 후배인 고지병 조교선생님께도 많은 도움과 지원을 해준 점 감사드립니다. 그리고 포장작업과 관리에 도움을 주신 신양문 선생님과 박사과정을 밟고 있는 고미라 후배님께도 감사드립니다. 이외에도 많은 분들께 도움을 받았으며, 이를 모두 표현하지 못함을 이해하여 주시고 다시 한번 감사의 말씀을 전합니다.

서른이 넘어서까지 공부하는 자식을 항상 지켜봐 주신 부모님, 누님들과 동생들에게도 감사드리며, 장진중과의 친척어른들께도 심심한 감사를 드립니다. 또 실험실에서 4년간을 거의 함께 하며 감자에 대한 연구와 토론을 하며 보낸 문현기와 박정식 후배님에게도 힘든 현실인데도 곳곳이 노동과 시간을 투자하여 일을 하면서 견뎌주고 믿을 수 있게 해주어 감사드립니다.

마지막으로 부산의 장인, 장모님께도 공부만 하고 있는 사위를 어여뻐 여기시고 많은 관심으로 보아 주신 점을 감사드리며, 처형과 처제 그리고 처남에게도 감사를 드립니다. 그리고 논문 쓰기를 재촉하고 힘들 때 힘이 되어주고 격려하여 포기하지 않고 여기까지 오게 해준 아내에게도, 아들 정석에게도, 아직 뱃속에 있는 아기에게도 사랑한다는 말과 고맙다는 인사와 함께 위의 모든 분들에게 이 논문을 바칩니다.

아쉬움이 많지만 그래도 이 정도가 어딘가에 만족감을 느끼려고 애쓰며 더운 날 이 책을 마무리합니다. 감사합니다.

그리고 며칠 전 갑자기 쓰러지신 나의 사랑하는 어머니의 그 크나큰 사랑에 눈물이 앞을 가립니다. 제발 일어나셔서 저를 한번만이라도 불러 주십시오. 어머니...밤계 일어나셔서 우리를 지켜 주시리라 믿습니다. 힘내시고 조금만 더 견뎌주세요, 사랑합니다.

어머님 모시고 서울가는 날 새벽에
식물유전자원실험실에서