

莖插, 器內小塊莖形成, 養液栽培에 의한 감자 無病株 生産 方法

金賢準* · 金崇烈 · 申觀容 · 金鶴起¹ · 金和泳¹

高嶺地農業試驗場, ¹江陵大學校 生命科學大學 園藝學科

Production Method of Basic Seed Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) by Stem Cuttings, Microtuberization and Hydroponic Culture

KIM, Hyun Jun* · KIM, Sung Yeul · SHIN, Kwan Yong · KIM, Hak Ki¹ · KIM, Hwa Yeong¹

Potato Division, Alpine Experiment Station, RDA, Pyongchang, 232-950, Korea; and

¹Dept. of Horticulture, Kangnung National University, Kangnung, 210-702, Korea. *Corresponding author

To produce and supply the healthy potato, basic seed potatoes were produced by stem cutting, microtuberization and hydroponic culture. The total number of tubers and the total tuber weight per m² of potato were more in hydroponic culture as each products were 1,152 and 4,492g than in the stem cutting (75 and 4,136g) or microtuberization (1,080 and 1,080g) using petridishes. The total yield per 10a in the field was propagated highly stem cutting > propagated microtubers > hydroponics > microtubers. The number of tubers per 10a produced by hydroponics (33,064) was higher than any other methods. This indicated the hydroponic culture can be used in the multiplication of basic seed potatoes.

Key words : seed potato, tissue culture, *in vitro* microtuber

영양번식을 하는 감자는 바이러스에 의한 씨감자의 병리적 퇴화가 생산성에 커다란 영향을 미치므로 씨감자 생산은 전문기관을 두어 基本種→基本植物→原原種→原種→普及種 등 5단계의 증식체계를 세워 국가에서 무병씨감자를 생산하여 농가에 보급(Lee, 1987)하고 있으나 種薯普及率이 20~25% 정도밖에 안되는 실정이다. 병이 없는 양질의 씨감자를 생산하기 위하여 기술수준, 규모, 예산 등의 여건에 따라 감자 관련기관 및 업체들이 조직배양 기술을 통하여 무병식물체를 획득한 후 莖插, 器內小塊莖 생산기술 등을 이용하여 상위급 種薯를 생산하고 있다. 감자 無病種薯의 가장 좋은 증식방법은 격리된 포장에서 증식시키는 것이지만 이 방법은 각종 병균의 次代感染 가능성이 높을 뿐만 아니라(田中 智, 1986) 短期増殖率이 낮기 때문에 莖插에 의한 증식방법을 널리 활용하고 있다고 하였으나(Bates, 1943 : Young, 1990), Goodwin 등(1980)은 隔離環境에서의 莖插에 의한 증식방법 역시 자연환경조건이기 때문에 바이러스뿐만 아니라 각종 병균의 再感染을 완전히 배제할 수는 없기 때문에 無菌狀態의 시험관내에서 최고 년 10%의 증식이 가능한 미세증식 방법으로 증식하는 것이 좋다고 하였다

(Kim, 1976). 획득한 바이러스 무병주의 지속적인 유지는 격리된 포장이나 망실 및 온실에서 재배하는 것이 일반적인 방법이지만 이것 역시 각종 병균의 재감염 위험이 있기 때문에 수확한 種薯는 다시 세밀한 後代檢定을 실시하여 健全株를 선발 유지하는 번거로운 절차를 반복해야 한다(van der Want, 1987). 이러한 복잡한 무병주의 유지방법에 대하여 국제감자연구소(Jingbo 등, 1985)는 생장점배양에 의해 획득한 無病株에서 器內小塊莖을 유도하고 무균상태로 보관해 두었다가 필요한 때에 꺼내어 이용하는 방법이 바람직하다고 보고하고 있으며 실제 기내에서 생산된 괴경을 種薯生産에 이용할 가능성은 Wang과 Hu (1982)에 의하여 제기된 바 있다. 1986년부터 농촌진흥청(Kim 등, 1993)과 과학기술원(Jeung, 1989)에서 이 방법에 착안하여 器內小塊莖을 생산하여 상위단계 種薯生産에 이용해오고 있는데 우리나라에서는 1970년대 후반부터 1980년대 중반까지 사용하여 오던 조직배양묘의 경삽증식방법과 더불어 1986년부터는 器內小塊莖을 생산하여 상위급 씨감자를 생산하고 있다(Yiem 등, 1988 : Jeung, 1989). 그러나 器內小塊莖은 괴경크기가 작아 증식재배시 입모율이 떨어지고 생산성이 낮은 문제가

있어 이러한 단점을 해결할 수 있는 새로운 방식의 증식 생산기술로서 양액재배 기술을 개발하게 되었다(Kim 등, 1994). 따라서 1993~1994년간 2개년에 걸쳐 莖插, 器內小塊莖 및 養液栽培 방법 등의 효율성 및 이들 생산과정에 대한 후대 생산성을 비교 검토하여서 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 시험은 강원도 평창군 高嶺地農業試驗場에서 실시하였다. 1993년 2월부터 수미의 新梢를 액체배지에 증식하여 일부는 시험관에 발근시켜 경화 후 온실에서 莖插母本으로 이용하였고, 일부는 삼각플라스크 및 페트리디쉬에서 괴경형성배양으로 器內小塊莖을 생산하였다. 나머지 新梢는 온실에서 경화시켜 養液栽培床에 정식하였다.

액체배양은 100 mL 삼각플라스크를 이용하여 유식물체를 1 cm 정도 잘라 치상하였다. MS배지에 Sucrose를 3% 첨가하여 증식한 후 액체증식배양에서 생산된 유식물체를 1.5 cm 정도 절단하여 직경 1.5 cm × 길이 15 cm 시험관내에서 IAA 0.1 mL/L 이 첨가된 발근배지에 14일간 발근시켰다. 초장이 8 cm 정도의 莖插母本植物體를 만들어 1 L 비커에 넣고 시계접시를 덮어 온실에서 2주간 경화시킨 후 직경 30 cm 대형 포트에 정식하였다. 塊莖形成培地는 MS 기본배지에 Sucrose 8%, 寒天 0.8%, Coumarin 25 mL/L을 첨가하여 약 60 mL씩 넣었으며 액체증식배양에서 생산된 유식물체를 분할하여 1개의 마디와 1개의 측아가 있는 삽수를 각각 10개씩 치상하였다. 배양방법은 유식물체 치상후 2,500 lux의 광도에서 15일 동안 16시간의 장일조건에 두었다가 500 lux의 散光下에서 15일 동안 8시간 단일처리하여 괴경형성을 유도한 후 60일간 암배양 하였다.

양액급여방법은 "bed 저면 물홀림" 방법(변형 NFT)으로 600 L 양액통을 이용하여 모터펌프에 타이머를 장치하여 45분 간격으로 15분씩 급액하였다. 재배상에서는 습해에 의한 감자 皮目肥大 및 부패방지를 위하여 氣泡發生器(MEDO compressor : Ac0902)를 이용하여 재배상에 연결하였으며 양액의 조성은 Table 1과 같다.

1994년 포장시험에서는 지난해 생산된 莖插増殖塊莖, 器內小塊莖 1次 増殖産 塊莖, 養液栽培産 塊莖 및 器內小塊莖을 5월 3일 網室에 播種하여 後代生産性 및 바이러스 이병

율을 검토하였다. 시비량은 10 a당 퇴비 1,500 kg과 N, P₂O₅, K₂O = 15 kg, 18 kg, 12 kg 씩 전량 基肥로 사용하였으며 재식거리는 畦間을 75 cm로 하고 株間을 25 cm로 하였다. 그리고 收量調査는 과종후 90, 120일 등 2회 실시하였다.

결과 및 고찰

조직배양묘를 이용한 상기 3가지 씨감자 생산방법별 단위면적당(m²) 수량성을 비교해 보면 괴경수에 있어 온실내 莖插増殖은 75.2개, 삼각플라스크내에 형성된 器內小塊莖 수는 700개, 페트리디쉬의 경우 1,080개, 온실내 養液栽培에서는 1,152개가 생산되어 페트리디쉬와 養液栽培生産 방법이 莖插 증식이나 플라스크 방법보다 괴경수가 많았다. 그러나 m²당 괴경중의 경우는 莖插, 페트리디쉬(器內小塊莖) 및 養液栽培 증식에서 각각 4,136 g, 1,080 g 및 4,492 g의 괴경이 생산되어 器內小塊莖 증식이 생산성이 떨어지는 경향이였다. 또한 괴경당 평균 무게는 莖插栽培가 55 g, 器內小塊莖이 1 g, 養液栽培가 3.9 g로 증식방법간에 큰 차이가 있었다(Table 2).

수확단위별 수량을 보면 1포트재배는 1포트당 5개, 삼각플라스크나 페트리디쉬는 각각 10개, 양액재배는 주당 72개로 괴경수에 있어서는 더 큰 차이를 보였다. 이와 같이 단위면적당 수량이나 괴경수에 있어 養液栽培方法이 효율성이 높아 '95년부터 농촌진흥청에서는 기본종 생산을 養液栽培産으로 이용하고 있다(Kang 등, 1996). 본 시험에서는 250 mL 플라스크당 10개의 器內小塊莖이 생산된 데 반해 Wang 과 Hu(1982)는 플라스크당 50개의 器內小塊莖을 생산했다고 보고하였는데 이는 500 mL 플라스크에 50개의 組織培養新梢를 접종하였기 때문이며 1개의 新梢당 괴경수는 본 시험결과와 같은 수준이었다. 감자는 영양번식작물로서 년간 증식율이 10배에 불과하나 莖插으로는 1母本으로부터 20~60개의 삽수를 취할 수 있으며 각 묘에서 5개 정도의 괴경을 얻을 수 있다(CIP, 1975). 감자의 삽수를 5 cm로 하여 莖插하면 12월부터 5월까지 1괴경에서 5,000개의 삽수를 얻을 수 있다고 하였으며(Cole과 Wright, 1976) 莖插으로 1년에 260~7,600 배까지의 증식이 가능함을 보고한 바 있다(Hamann, 1974). 그러나 유식물 경화과정이 복잡하고 절단도로 줄기를 자를 때 접촉전염에 의해 PVX 등 여러 가지 병해를 입을 가능성(de Bokx, 1972)이 器內小塊莖이나 양액방법에 비

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

Nutrient solution ^a	Major elements (me/L)						Minor elements (mg/L)					
	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
AS-B	1.2	10.0	3.0	7.0	5.0	3.0	2.0	0.5	0.5	0.05	0.05	0.01

^a AS-B : Alpine standard nutrient solution-B.

Table 2. Comparison of three different systems for basic seed production in potato cv. Superior.

System ^a	Cultural instrument	No. of tubers per plant	Tuber weight per plant (g)	Tuber weight per tuber (g)	No. of tubers/m ²	Weight of tuber/m ² (g)
A	Pot in green house	5	259	55	75	4,136
B	△ ^b .Flask (250 mL)	1	1	1	700	700
	Petridish (φ10 cm)	1	1	1	1,080	1,080
C	Bed	72	281	3.9	1,152	4,492

^aA : Stem cutting B : *in vitro* microtuber C : hydroponics
^b : Triangular flask

Table 3. Comparison of plant growth in a field trial using the seed tubers produced by different systems in potatoes^a.

Source of seed tubers	Emergence rate (%)	Plant height (cm)	No. of stem	Top fresh weight (g/plant)	Degree of ^b virus infection
Seed tubers propagated by stem cutting	95a	47a	1.8c	475ab	0
Seed tuber propagated from microtuber	97a	46a	1.9c	486a	0
Microtubers	81c	37b	2.7b	345c	0
Seed tubers propagated by hydroponics	92b	45a	3.2a	462b	0

^a Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.
^b Degree of virus infection(0~5): 0 : free 5 : severe

Table 4. Comparison of developmental stages in a field trial using the seed tubers potato produced by the different systems.

Source of seed tubers	Date of emergence	Date of tuber formation	Date of flowering	Date of foliage yellowing
Seed tubers propagated by stem cutting	June 7	June 21	July 6	August 5
Seed tubers propagated from microtuber	June 5	June 23	July 4	August 10
Microtubers	June 16	July 9	July 10	August 25
Seed tubers propagated by hydroponic	June 12	July 5	July 9	August 15

해 높을 것으로 생각되었다. 한편 양액재배시 우려되는 각종 병해나 양액오염은 재배시기가 동계에 이루어져 발생되지 않았으나 하계고온기에는 병발생우려가 있어 각별한 주의가 요망된다.

그리고 생산방법별로 후대생산성을 검토하기 위하여 莖插 増殖塊莖, 器內小塊莖, 養液栽培産 塊莖 및 器內小塊莖 1次 増殖産 塊莖 등 4종류를 포장에 파종하여 비교한 결과, 지상부 생육에서는 器內小塊莖을 제외한 3처리 모두 비슷한 생육을 보였으며(Table 3), 괴경형성시기에 있어서 양액재배 괴경은 器內小塊莖보다 4일 빨랐으나 경삽증식괴경 및 器內小塊莖 1차증식 보다는 16~18일 지연되었는데 이는 주로 파종 후 출아 지연이 직접적인 원인으로 분석되었다(Table 4).

Table 5. Comparison of productivity in a field trial using the seed potato tubers produced by the different systems^a.

(unit : kg/10a)

Source of Seed tuber	Harvest after 90 days		Harvest after 120 days		
	Total yield	Market-able yield ^b	Total yield	Market-able yield	No. of tubers/10a
Seed tubers propagated by stem cutting	2,754a	2,579ab	2,873a	2,582a	25,065c
Seed tubers propagated from microtuber	2,544b	2,314b	2,685ab	2,438a	24,531c
Microtubers	1,417c	886c	1,829c	1,628b	30,931b
Seed tubers propagated by hydroponic	2,415b	2,237b	2,554b	2,316a	33,064a

^a Mean separation in columns by Duncan's multiple range test at 5% level.
^b Marketable yield means the yield of tubers over 80g.

한 개의 조직배양 유식물체로부터 괴경이 형성될 때까지의 기간은 약 60일 정도로서 생산기간에는 차이가 없으나 주당 薯數나 塊莖重, 收量 등은 각 방법에 따라 커다란 차이를 보였다. 본 시험 결과, Table 5는 씨감자 종류에 따른 수량성을 나타내고 있다. 총수량은 莖插 栽培産 種薯 > 器內小塊莖 1차증식산 > 養液栽培産 > 器內小塊莖 순으로 높았으며, 10 a당 괴경수는 養液栽培産이 33,064개로 가장 많이 생산되어 種薯生産體系에 있어 養液栽培産 씨감자 이용이 가장 효율적일 것으로 판단되었다(Table 5).

특히 器內小塊莖의 경우 언제라도 연중 계속 생산하여 저장하였다가 적기에 파종할 수 있는 장점이 있으나(Yiem 등, 1990) 기내배양시 투여되는 막대한 시약비, 인건비를 감안하면 비교적 단순한 시설 내에서 공업용 시약을 이용하는 양액방법이 훨씬 경제적인 것으로 생각되었다. Table 2와 3에서 보듯이 器內小塊莖은 1개의 무게가 1 g밖에 안되어(Jeon 등, 1992) 토양직파시 시설 내에서 관수 등 집약관리가 안되면 수량을 기대하기가 어려우며 환경적응성이 약해서 건조하면 말라죽고 습하면 부패 위험이 높아 농민이 직접 파종하기에는 어렵다(Kim 등, 1992). 그러나 養液栽培産 種薯는 Table 2와 5에서 보듯이 개당 크기가 3.9 g으로 器內小塊莖에 비해 4배 정도 되고 발아율도 92%로 상당히 높으며 수량성도 일반種薯에 비해 크게 떨어지지 않아 토양직

파시 크게 문제가 되지 않는 것으로 생각되었다. 더욱이 통감자로 파종되기 때문에 기계파종이 용이하고 파종후 씨감자의 부패를 방지할 수 있는 효과도 기대할 수 있었다. 현재 20% 種薯보급률을 점차 생산량을 확대하여 농민이 필요로 하는 양으로 공급하고자 할 때 상기 3가지 種薯생산방법 중 어느 것이 가장 효율적인가 하는 문제가 논의될 것이다. 기존 우리 나라 種薯生産 5단계 증식은 보급기간이 길어 품질 저하가 우려되고 있으며 '96년도에 여러 지역에서 종자 분쟁이 야기된 바 있어 이를 해결하기 위하여는 器內小塊莖이건 養液栽培 괴경이건 상위단계의 無病種薯를 직접 농가에 보급하는 방법이 바람직하지만 예산, 인력 면에서 현실성이 결여되어 있다. 따라서 기존 種薯생산체계를 획기적으로 개선할 수 있는 種薯普及體系를 제시하여 보면 양액 씨감자 → 1차 망실 → 2차 망실 → 3차 노지 → 농가보급하면 種薯보급률을 쉽게 증가시킬 수 있을 것으로 생각되었다. 그러므로 채종단계를 단축시키고 시간과 인력의 수고를 최소한 줄이면서 씨감자의 안정적인 확대생산보급을 위한 種薯生産方法은 국내여건으로 보아 養液栽培 씨감자를 생산하여 2~3회 증식하는 생산체계가 가장 적절한 것으로 판단되었다.

작 요

조직배양묘를 이용한 감자 무병주 생산방법을 비교하기 위해 莖插, 器內小塊莖, 養液栽培 및 이들 생산괴경에 대한 후대생산성을 비교하였다. 조직배양묘를 이용한 씨감자 생산방법별 m²당 수량성을 비교해보면 괴경수에 있어 온실내 莖插増殖은 75개, 器內小塊莖形成時 플라스틱은 700개, 페트리디쉬의 경우 1,080개 그리고 養液栽培에서는 1,152개가 생산되어 페트리디쉬와 養液栽培産 생산방법이 莖插増殖이나 삼각 플라스틱방법보다 괴경수가 많았으며 괴경중의 경우에는 養液栽培방법이 4,492 g로 경삽(4,136 g), 페트리디쉬를 이용한 기내소괴경(1,080 g)의 경우보다 많았다. 그리고 생산방법별로 후대생산성을 비교한 결과 10a 당 총수량은 莖插栽培産 種薯 > 器內小塊莖 1차증식産 > 養液栽培産 > 器內小塊莖 순으로 높았으며 10 a당 괴경수는 養液栽培産이 33,064개로 가장 많이 생산되어 상위단계(기본종, 기본식물) 種薯生産에 있어 養液栽培産 씨감자 이용이 가장 효율적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- Bates GH (1943) Propagation of potato seed tubers from stem. Nature 152: 135
- C.I.P. (1975) Propagation of potato stocks by stem cutting and related techniques. Ann. Rep. Lima-Peru. pp 73~75
- Cole EF, Wright NS (1976) Propagation of potato by stem cuttings. Amer Potato J 44: 301~304
- de Bokx JA (1972) Viruses of potatoes and seed-potato production. Pudoc, wageningen, pp 233
- Goodwin PB, Kim YC, Adisarwanto T (1980) Propagation of potato by shoot-tip culture. I. Shoot multiplication. Potato Res 23: 9~18
- Hamann U (1974) Intensive propagation of potato. Poland Instit. Bonin, The potato
- Jeon JH, Joung H, Park SW, Kim HS, Byun SM (1992) Regulation of in vitro tuberization of potato by plant growth regulators. Korean J. Plant Tissue Culture 19: 67~73
- Jingbo H, Peng LY, Wan JW (1985) A potential compound for tuber induction of potato *Solanum* spp. in vitro. CIP region VIII working paper #89-21. pp 141~143
- Jeoung H (1989) Mass production of potato microtuber by tissue culture technique and its application. '89 Agricultural Biotechnology Symposium pp 100~124
- Kang JG, Kim SY, Kim HJ, Om YH, Kim JK (1996) Growth and tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars in aeroponics, deep flow technique and nutrient film technique culture. J. Kor Soc Hort Sci 37: 24~27
- Kim HJ, Kim KS, Kim WB, Choi KS (1993) Studies on small seed potato (*Solanum tuberosum* L.) multiplication by hydroponic and its practical use. RDA J Agri Sci 35: 524~529
- Kim HJ, Ryu SY, Kim BH, Kim JK, Hahn BH (1994) Seed potato production in Korea. Proceedings of fourth APA Triennial conference 1: 179~185
- Kim JK, Yiem CI, Kim SR, Cho HM (1992) Studies on year-round production use model of micro-tuber for virus free seed-potato diffusion. RDA Rep
- Kim YC (1976) Tissue culture of *solanum tuberosum* L. as a method of rapid vegetative propagation Dip. Thesis, Uni-Sydney
- Lee CD (1987) Alpine agriculture. Kangwon Univ, press. pp 115~131
- Wang PJ, Hu CY (1982) In vitro mass tuberization and virus free seed potato production in Taiwan. Amer Potato J 59:33~39
- van der Want JPH (1987) Plant virology and potato viruses. In: viruses of potatoes and seed-potato production by de Bokx JA and van der Want JPH Pudoc. Wageningen pp 17~22
- Yiem MS, Park YH, Kim JK, Kim SY, Cho HM, Hahn BH (1990) Studies on seed potato (*Solanum tuberosum* L.) multiplication by microtuberization and its practical use. Res. Rept. RDA(H) 32: 46~53
- Young N (1990) Seed potato system in developed countries: Canada, The Netherlands and Great Britain. CIP Lima, Peru pp 19~104
- 田中 智 (1986) ジャガイモの増殖技術 農業および園藝 第63巻1號 146~150