

# 폐쇄형 묘생산 시스템을 이용한 감자 플러그묘의 생산<sup>\*</sup>

## Production of Potato Plug Seedlings Using Closed Transplant Production System

김용현\*      김진국\*\*      이상현\*\*      최유화\*\*      이명규\*\*

정회원

Y.H. Kim      J.K. Kim      S.H. Lee      Y.H. Choi      M.G. Lee

### 1. 서론

식물묘(transplant)는 육묘 후 포장에서 정식이 이루어지는 묘를 의미한다. 묘소질은 묘가 지녀야 할 속성으로서 초장, 절간장, 엽색, 엽의 두께, 엽형, 괴근 형태 등은 묘의 외관과 관련된 묘소질에 해당하며, 광합성속도, 근활력, 엽록소 함량 등은 생리적 묘소질에 해당한다(Kim, 2002). 묘소질이 우수한 묘, 즉 외관이 우수하며, 병충해에 오염되지 않고, 생리·생태적 상태가 우수한 우량묘를 재배에 이용하면 정식 단계에서 활착 환경에 쉽게 적응하거나, 재배 과정에서 비료, 농약, 자재, 관리 노력 등을 적게 투입할지라도 수량이 증대되거나 품질 향상이 기대되므로 향후 우량묘에 대한 수요가 크게 증가할 것으로 예상된다(김과 박, 2002).

묘생산 시스템은 크게 개방형과 폐쇄형으로 구분된다. 개방형 묘생산 시스템은 시스템 내부와 외부의 공기·물·열 등의 교환이 가능한 시스템을 의미한다. 현재 실생묘, 삽목묘, 접목묘 등은 일사가 투과되는 온실 또는 묘포장에서 생산된다. 그러므로 온실 또는 묘포장을 이용한 묘생산 시스템은 개방형 묘생산 시스템에 해당한다. 개방형 묘생산 시스템에서는 외부 기상의 변동에 따라 시스템 내의 기온, 상대습도, 광량, 기류속도, CO<sub>2</sub> 농도 등의 물리적 환경요인이 변화하므로 이들 환경 요인을 일정한 수준으로 제어하기가 쉽지 않다. 때문에 균일한 묘소질을 지닌 묘의 계획적 생산이 근본적으로 불가능하다. 폐쇄형 묘생산 시스템은 에너지 절감, 자원 절감 및 생력화가 가능한 고품질 묘를 대량으로 생산하고자 자연광이 투과되지 않도록 단열재로 둘러 쌓인 폐쇄 시스템으로서 시스템 내부와 외부의 공기·물·열 등의 교환이 기본적으로 제한되며, 공기·물·열 등의 인위적인 제어가 가능한 공간을 활용한 묘생산 시스템을 의미한다(Kozai et al., 2000). 이러한 시스템에서는 자연광의 이용이 불가능한 바, 녹색식물의 생장을 위한 인공광이 요구된다. 그러므로 폐쇄형 묘생산 시스템은 인공광형 묘생산 시스템 또는 식물묘공장으로 불리운다(김, 2000a; Kozai et al., 2000).

향후 식물묘의 대량 생산 과정에 투입되는 자원과 에너지를 절감하고, 생력화하여 생산비

\* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2000-000-00391-0)지원으로 수행되었음.

\* 전북대학교 생물자원시스템공학부(농업과학기술연구소)

\*\* 전북대학교 대학원 농업기계공학과

를 낮추려면 기존의 개방형 묘생산 방법을 다소 개선하는 정도로서는 한계가 있다. 그러므로 현재의 기술 수준과 장래의 수요를 명확하게 평가하되, 묘소질 향상에 크게 기여할 수 있는 혁신적인 묘생산 시스템의 개발이 바람직하다. 폐쇄형 묘생산 시스템에서 묘를 생산하는 목적은 제어된 환경에서 우량묘를 생산하고, 우량묘의 정식 후 재배기간 동안 인위적 에너지와 자원의 사용량을 가능한 한 경감시키는 데 있다(김, 2000a; Kozai et al., 2000).

씨감자 생산은 보통 조직배양 → 기본종 → 기본식물 → 원원종 → 원종 → 보급종의 6단계의 증식과정을 거치면서 이루어진다. 씨감자 생산에서 가장 중요한 것은 바이러스에 감염되지 않은 무병 씨감자의 생산이다. 이를 위하여 정부에서는 엄격한 생산 계획과 관리하에 격리된 포장에서 씨감자를 생산하여 보급하고 있으나, 보급율은 25%에 불과한 실정이다.

이제까지 국내에서 씨감자를 급속·대량으로 증식하고자 기내소괴경으로 불리우는 인공씨감자(Joung, 1989), 양액재배(Kim et al., 1997), 경삽(Ku, 1998) 등이 시도되었다. 이러한 시도는 씨감자 생산체계의 단축과 씨감자 생산에 소요되는 비용을 절감시킬 것으로 기대되었다. 그러나 상기의 기술은 각각 장단점을 지니고 있으므로 안정적인 씨감자 생산을 위해서는 각각의 문제점이 해결되어야 한다.

인공씨감자는 무균 배양실에서 대량생산이 가능한 장점을 지니고 있으나, 생산비가 많이 들고, 크기가 작으며, 발아율이 낮고, 수량이 작기 때문에 보급용 씨감자로 사용하기에는 부적합하다. 양액재배를 이용한 씨감자 생산은 품종에 따른 편차가 심하고, 양액 오염의 가능성이 있으며, 피목이 비대해지는 등의 단점이 있으나, 인공씨감자에 비해서 비교적 큰 씨감자를 대량으로 얻을 수 있고, 지하부 환경을 쉽게 조절할 수 있기 때문에 씨감자 증식 방법으로 널리 보급되고 있다. 경삽은 씨감자를 증식하기 위한 유효한 수단(Ewing and Wareing, 1978; Seabrook, 1990)으로서 인식되어 왔으며, 최근 들어 온실에서 경삽을 이용하여 단기간에 씨감자를 대량으로 증식시키기 위한 시도가 보고되었다(구, 1998). 그런데 온실과 같은 개방형 시스템에서 경삽을 이용하여 씨감자를 증식할 때 씨감자의 수량과 품질은 외부 환경의 영향을 크게 받게 된다. 본 연구의 목적은 폐쇄형 묘생산 시스템을 이용하여 묘소질이 우수하면서 기계적 정식이 가능한 감자 플러그묘의 생산 체계를 제시하는 데 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 폐쇄형 묘생산 시스템의 개발

전북대학교 생물자원시스템공학부 생물환경제어연구실에서는 광원부, 육묘용 선반, 시스템 제어부, 기류속도 제어부, 공기조화부 등으로 구성된 폐쇄형 묘생산 시스템을 개발하였다. 폐쇄형 묘생산 시스템의 크기는 외부 4900(W)x4700(D)x3250(H), 내부 3400(W)x3200(D)x2500(H)이며, 벽체로서 폴리우레탄(polyurethane)을 단열재로 충전한 강판을 사용하였다. 시스템 내부에는 크기가 3100(W)x580(W)x2400(H)인 다단식 선반을 2조 설치하였다. 폐쇄형 묘생산 시스템 내의 광합성유효광양자속(photosynthetic photon flux, PPF)은 육묘용 선반의 각 단에서 최고  $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 광량을 확보할 수 있도록 설계되었다(김 등, 2002).

나. 폐쇄형 묘생산 시스템에서 감자 플러그묘의 생산 체계

1) 감자 배양 식물체와 삽수의 준비

무병 감자(*Solanum tuberosum* L. cv. *Dejima*)의 shoot 성장점을 이용하여 8주간 MS+GA 0.1ppm에 Kinetin 0.1ppm이 첨가된 배지에서 성장점 배양을 실시한 후 250ml의 삼각 플라스크를 이용하여 액체 진탕 배양을 실시하였다. 액체 진탕 배양중의 기온은 20℃를 유지하였고, 3,000 lx의 조도로 연속 조명을 실시하였다. 다음으로 액체증식배양을 위해서 유식물체를 1 cm 정도의 크기로 절단하여 100 mL 삼각플라스크에 치상하였다. MS배지에 sucrose를 3% 첨가하여 증식한 후 액체증식배양에서 생산된 유식물을 발근 배양으로 옮겼다. 즉 증식된 유식물을 1.5 cm 정도의 크기로 절단하여 직경과 길이가 각각 1.0 cm, 10 cm인 시험관 내에서 IAA 0.1 mL·L<sup>-1</sup>이 첨가된 배지에서 14일간 발근이 이루어지도록 하였다. 배양환경 조건은 기온 18-22℃, 상대습도 60-70%, 광주기 16/8 h, PPF 30~40 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>이다.

시험관 내에서 14일간 발근 배양된 감자 배양식물체를 육묘용 혼합배지(BM2, Berger Peat Moss, Canada)가 충전된 50공의 플러그트레이(Bumngong, Korea)에 옮겨 심었다. 배양식물체는 폐쇄형 묘생산 시스템에서 20일 동안에 삽수 채취가 가능한 모주로 성장한다. 이 단계에서의 기온, 상대습도, PPF 및 광주기를 각각 20℃, 70%, 50 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 16/8 h로 조절하였다.

2) 감자 삽수의 증발산 특성

인공광을 이용한 묘생산용 풍동(Kim, 2000) 내에 감자 삽수가 이식된 플러그트레이를 위치한 후 Load cell(MLP-25, Transducer Techniques)을 이용하여 삽수와 플러그트레이의 무게 변화를 연속적으로 측정하였다.

삽수의 증발산속도에 미치는 상대습도와 PPF의 영향을 살펴보고자 상대습도 3수준(85, 90, 95%), PPF 4수준(50, 75, 100, 125 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)을 설정하였다. 이 때 기온과 광주기는 각각 20℃, 16/8 h 이며, 증발산속도에 미치는 기류속도의 영향을 최소화하기 위해서 기류속도는 0.1 m·s<sup>-1</sup>로 고정하였다.

3) 감자 플러그묘의 생장에 미치는 PPF의 영향

감자 플러그묘의 생산은 삽수를 절단하여 육묘용 혼합배지(BM2, Berger Peat Moss, Canada)가 충전된 50공의 플러그트레이(Bumngong, Korea)에 이식하면서 시작된다. 감자 플러그묘의 생장에 미치는 PPF의 영향을 살펴보고자 5수준(100, 150, 200, 250, 300 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)의 PPF를 설정하였다. 이때 기온, 상대습도, 광주기는 각각 20℃, 70%, 16/8 h로 조절되었다. 성장조사 항목은 초장, 건물중, 엽수 및 엽록소 함량 등이다.

### 3. 결과 및 고찰

가. 감자 플러그묘의 생산

기내배양된 감자 식물체로부터 묘소질이 우수한 감자 플러그를 대량으로 생산하려면 증식 효율이 제고되어야 한다. 본 연구에서는 증식 효율을 높이고자 폐쇄형 묘생산 시스템에서 모주로 성장된 감자 식물체로부터 삽수를 절단하여 플러그트레이에 옮겨 심어 플러그묘로

완성하는 방법을 적용하였다. 감자 모주에서 성장점이 포함된 줄기, 즉 삽수를 절단하여 피트모스, 펄라이트 및 버미큘라이트가 70 : 5 : 25의 비율로 혼합된 육묘용 배지(BM2, Berger Peat Moss, Canada)가 충전된 50공의 플러그트레이(Bumnong, Korea)에 옮겨 심었다.

이식 후 초기 5일 동안 삽수의 위조를 방지하면서 원활한 발근을 위해 상대습도와 PPF를 각각 90%,  $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 유지하였으며, 삽수 이식 후 6일째부터 양질의 감자 플러그묘 생산을 위해서 상대습도와 PPF를 각각 70%,  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 로 조절하였다. 기온과 광주기가 각각 20°C, 16/8 h로 조절된 조건에서 12~15일간 육묘된 삽수는 묘소질이 우수한 감자 플러그묘로 완성되며(Fig. 1), 상기 과정의 반복을 통해서 감자 플러그묘를 대량으로 생산할 수 있다. 또한 삽수가 절단된 모주를  $50 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 의 PPF에서 약 20일간 성장시키면 새로

운 측지가 발생되어 삽수로 활용할 수 있다. 한편 모주에서 1개의 마디에 앞이 1개 부착된 단절체(single node cutting)를 절단하여 육묘용 혼합배지에 옮겨 심으면 발근과 더불어 새로운 줄기가 형성되는 바 약 20~30일간

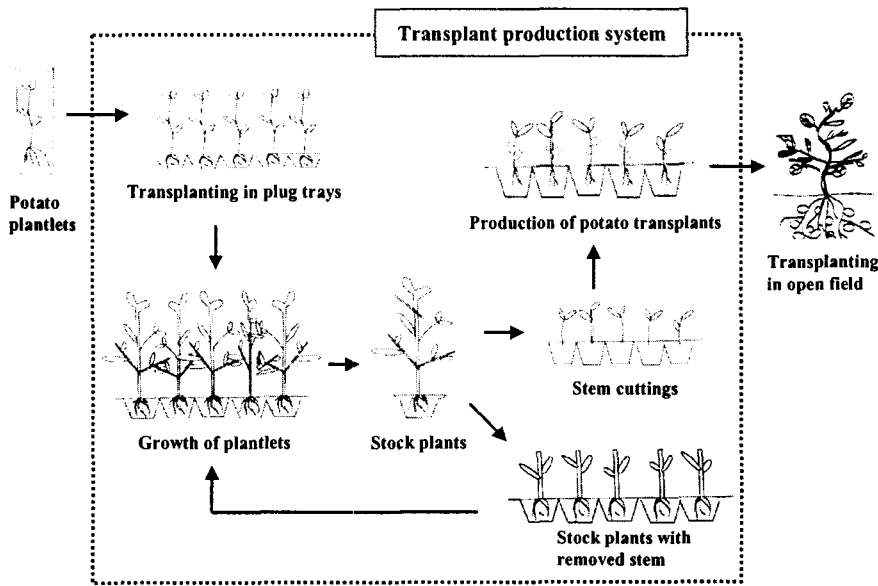


Fig. 1. Flow of potato transplants production (Kim et al., 2002).

성장시키면 새로운 모주로 사용할 수 있게 된다.

나. 감자 삽수의 증발산 특성

PPF가 증가하거나 상대습도가 낮아질수록 삽수의 증발산속도는 증가하였다(Fig. 2). 또한 상대습도 처리에 따른 삽수의 증발산속도가 차이를 나타낸 가운데 상대습도가 85%를 유지하는 조건에서의 증발산속도는 상대습도가 90% 또는 95%를 유지하는 경우에 비해서 분명하게 높게 나타났다.

PPF와 상대습도 처리에 따른 감자 삽수의 생존율이 Fig. 3에 실려 있다. 상대습도의 모든 처리, 즉 85~100%를 유지할 때  $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  이하의 PPF에서 발근된 삽수는 모두 100%의 생존율을 나타냈다. 삽수에 대한 간헐적인 살수 공급은 삽수의 위조를 줄이면서 생존율

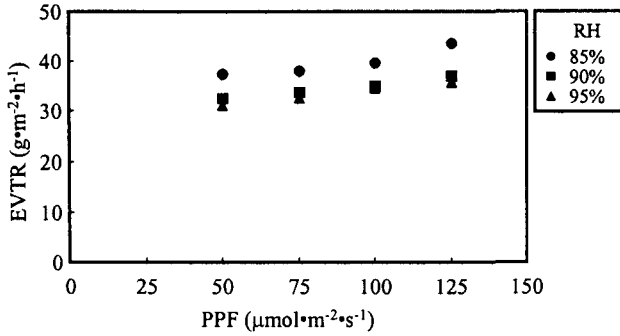


Fig. 2. Evapotranspiration rate (EVTR) of potato cuttings as affected by photosynthetic photon flux (PPF) and relative humidity.

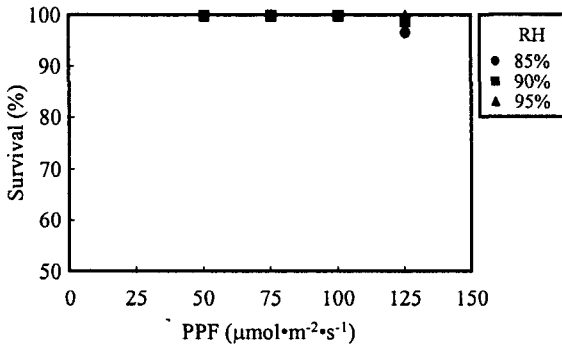


Fig. 3. Survival rate of potato potato cuttings as affected by photosynthetic photon flux (PPF) and relative humidity.

을 증가시킨다(Seabrook, 1990). 그러므로 100 μmol·m⁻²·s⁻¹가 삼수의 정상적인 발근과 생장에 필요한 한계 PPF로 판단된다.

다. 감자 플러그묘의 생장에 미치는 PPF의 영향

감자 플러그묘의 생장에 미치는 5수준(100, 150, 200, 250, 300 μmol·m⁻²·s⁻¹)의 PPF 효과가 Fig. 4에 실려 있다. PPF가 증가할수록 초장은 감소하였으나, 건물중은 증가하였다. 일반적으로 식물체는 광포화점에 도달하기까지 PPF가 증가할수록 광합성속도가 증가하며, 이로 인하여 식물체의 건물중이 늘어난다. 엽수와 엽록소함량(SPAD)은 PPF가 증가할수록 높게 나타났다. 상기의 결과는 PPF의 조절에 의해서 감자 플러그묘의 초장과 엽수 등 외관뿐만 아니라, 건물중과 엽록소

함량과 같은 생리적 요소질의 제어가 가능함을 의미하는 것이다.

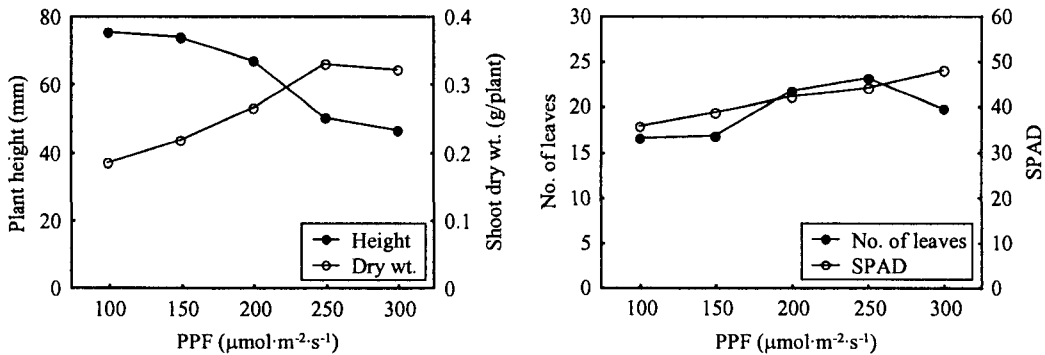


Fig. 4. Growth of potato plug seedlings as affected by photosynthetic photon flux(PPF).

#### 4. 결론

본고에서는 폐쇄형 묘생산 시스템을 이용하여 감자 배양 식물체로부터 우량 플러그묘를 생산하는 체계를 제시하였다. 즉 폐쇄형 묘생산 시스템에서 감자 배양 식물체로부터 모주를 확보하고 모주의 삽수를 이용하여 묘소질이 균일한 감자 플러그묘의 생산이 가능함을 확인하였으며, 삽수의 증발산속도와 생존율을 고려하여 생장에 적합한 적정 PPF와 상대습도를 제시하였다. 또한 감자 플러그묘의 생장에 미치는 PPF의 효과를 분석하였다. 이밖에 PPF의 조절에 의해서 묘소질 제어의 가능성을 제시하였다.

#### 5. 참고문헌

1. 김용현. 2000a. 농업기계공학분야에서 바이오테크놀러지의 응용-폐쇄형 식물묘 생산 시스템 개발을 중심으로-. 한국농업기계학회지 25(4):311-326.
2. 김용현, 김진국, 이상현, 최유화, 이명규. 2002. 형광등 배열과 광원으로부터의 수직 거리에 따른 광합성유효광양자속의 분포. 한국생물환경조절학회 학술발표 논문집 11(1):125-130.
3. 김용현, 박현수. 2002. 오이 플러그묘의 생장에 미치는 광주기와 광합성유효광양자속의 영향. 생물환경조절학회지 11(1):40-44.
4. Ewing, E.E. and P.F. Wareing. 1978. Shoot, stolon, and tuber formation on potato (*Solanum tuberosum* L.) cuttings in response to photoperiod. *Plant Physiol.* 61:348-353.
5. Joung, H. 1999. Commercial mass production of potato microtuber and its agricultural application in Korea. *Proceedings of the first Kangwon International Potato Symposium*, 63-68, Institute of Biodiversity Research, Kangwon National University.
6. Kim, H.J., S.Y. Ryu, K.S. Choi, B.H. Kim, and J.K. Kim. 1997. Mass production of seed potato via hydroponic culture. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 38(1):24-28.
7. Kim, Y.H. 2002. Quality improvement of transplants using artificial lighting. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Mechatronics of Agricultural and Bioproduction Systems*. p.522-528, Nov. 3-7, National Chiyai University, Chiyai, Taiwan.
8. Kim, Y.H., J.K. Kim, S.H. Lee, Y.H. Choi, M.G. Lee, and H.J. Kim. 2002. Production of potato transplants under controlled environment. *ASAE Paper No.* 024114.
9. Kozai, T., C. Kubota, C. Chun, K. Ohyama and F. Afreen. 2000. Necessity and concept of the closed transplant production system. In: C. Kubota and C. Chun(eds.) *Transplant production in the 21st century* pp.3-19, Kluwer Academic Publishers.
10. Ku, O.S. 1999. A comparison of basic seed-potato production systems of microtuber, stem cuttings, and hydroponics. *Proceedings of the first Kangwon International Potato Symposium*, 126-140, Institute of Biodiversity Research, Kangwon National University.
11. Seabrook, J.E. 1990. Optimizing the propagation of potato by stem cuttings. *Am. Potato J.* 67:267-275.