

# 식물조직 배양공정의 기계화를 위한 작업실태분석

## Survey on the Cultivation Process of Plant Tissue Culture

강창호\* 정석현\* 한길수\* 권기영\* 윤진하\* 최홍기\*  
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원  
C.H.Kang S.H.Chung K.S.Han K.Y.Kwon J.H.Yun H.K.Choi

### 1. 서론

「생물이 지니고 있는 여러 가지의 기능을 최대한으로 활용하여 생물생산에 효과적으로 이용하기 위한 기술」로 정의되는 바이오테크놀로지(BT, biotechnology)는 21세의 첨단과학기술로서 생명공학, 생물공학, 생물이용기술 등으로 불리우고 있다(日農機学会, 2000). 최근, 생명공학에 대한 기사가 TV, 신문, 잡지 등에 자주 등장하고 있으며 사람들의 흥미를 끌고 있다. 이는 생명공학이 풍요로운 사회를 만들어 낼 것이라고 기대하기 때문이라 생각된다.

생명공학분야에서 실용화되고 있는 기술중의 하나는 식물조직의 배양기술이다(백, 1993). 식물조직배양은 현재, 화훼류 등의 식물묘 대량생산에 활용되고 있으며, 앞으로는 식물묘의 대량증식 뿐만 아니라 의약품이나 화장품 등에 사용될 수 있는 기능성 물질을 대량으로 생산하는 수단으로서 그 중요성이 더욱 커질 것으로 전망되고 있다.

그러나 식물조직배양에 의한 식물묘의 생산과정에는 많은 노동력이 소요되고 있어 묘생산비 가운데 인건비가 약 60%를 차지하고 있다(이 등, 1995). 따라서 식물조직 배양산업의 경쟁력을 높이기 위해서는 배양환경의 개선을 통한 배양기술의 개발과 인건비를 줄일 수 있는 기계화기술의 개발이 필요하다고 생각된다.

한편, 식물조직배양에 관한 연구는 국내의 경우 배양공정의 단순화를 위한 연구는 일부 수행되고 있으나(백 등, 1998, 2001; 이와 정, 2000) 배양공정의 생력화를 위한 연구는 배양공정의 기계화요구도 분석 등을 제외하고 없는 실정이다(강, 2001). 더욱이 BT분야의 연구는 다양한 학문분야에서 협력연구가 필요하며 농업기계공학분야도 관련연구를 수행할 필요성이 있음을 지적하였다(김, 2000). 외국에서는 캘러스의 접종로봇 등 연구가 수행되었다(岡本, 1992).

이 연구는 이러한 점을 감안하여 식물조직 배양공정의 기계화기술을 개발하기 위한 기초 자료를 얻고자 식물조직 배양기술의 개발 또는 식물묘를 생산하는 연구지도기관, 농원 등의 배양실을 대상으로 배양공정에서 반복적으로 수행되는 배지의 분주, 용기의 밀봉 및 세척, 배양체의 접종공정 등의 작업실태를 조사분석하였다.

---

\* 농업기계화연구소(National Agricultural Mechanization Research Institute)

## 2. 분석방법

식물조직 배양공정의 기계화 기술개발을 위한 기초자료를 얻고자 식물조직 배양기술의 개발이나 식물묘를 대량생산하는 연구기관의 2개배양실와 지도기관의 5개배양실, 식물조직배양으로 식물묘를 대량생산하는 농원의 3개배양실 등 총 10개배양실을 대상으로 모식물체의 무균배양계 확립, 배양체의 증식 및 식물체의 재생과정에서 반복적으로 수행되는 배지의 분주, 배양용기의 밀봉 및 세척, 배양체의 접종공정 등에 대한 작업실태를 조사분석하였다.

주요조사내용은 조사기관의 주요대상작물을 중심으로 사용되는 배지의 물리적 특성 및 배양용기의 종류, 대상작업별 작업방법 및 능력 등이었으며, 조사방법은 직접 조사표본을 방문하여 현지조사하였다. 그리고 배지의 특성조사에서 배지를 배양용기에 분주할때 배지의 온도 및 점도는 그림 1과 같이 점도계(LVDV-II+, Brookfield)를 사용하였으며, 분주량은 배지를 분주한 10개의 배양용기를 임의로 선정하여 메스 실린더로 측정하였다.



Fig. 1. Measurement of temp. & viscosity of mediums.

## 3. 결과 및 고찰

조사표본에서 배양기술의 개발 또는 식물묘 생산을 위하여 배양하는 작물은 백합 3개소, 호접란 2개소, 풍란 2개소, 심비디움, 마늘 및 포도 등이 각각 1개소 등으로 화훼류를 가장 많이 배양하였다. 이들 작물의 배양에 사용되는 배지와 배양용기는 표 1과 같이 배지의 경우 한천이 혼입된 고체배지였으며, 지도기관의 1개소는 액체배지도 사용하였는데 이 경우 탈지면을 배양체의 지지재로 사용하였다.

Table 1. Mediums and culture vessels used for culture

(unit : No. of Lab.)

Items	Used mediums		Used culture vessels		
	Solid mediums	Liquid mediums	Flask	Bottle	PE container
Research institute	2	-	2	1	1
Extension office	5	1	4	3	-
Commercial plantation	3	-	2	1	-

사용되는 배양용기는 연구 및 지도기관의 배양실은 2종 이상, 농원의 배양실은 모두 1종

이었으며, 가장 많이 사용되는 것은 플라스크, 배양병, PE용기 등의 순이었다. 그리고 같은 종류의 용기라도 용량이나 형상 등에 차이가 있었으며, 플라스크의 경우 형상은 삼각형과 원형, 용량은 300 및 500ml였으며, 배양병은 1,000ml의 사각형과 500ml의 원형, PE용기는 형상과 용량이 다른 5종 정도였다.

### 가. 배지의 분주작업

조제된 배지를 배양용기에 주입하는 배지의 분주작업은 조사표본의 10개 배양실 가운데 6개소가 작업자가 비이커를 사용하여 경험적으로 분주, 2개소는 자동분주기, 2개소는 반자동분주기를 각각 사용하였다. 여기서 자동분주기는 상용화된 분주기이며 반자동분주기는 생력화를 위하여 자체 제작한 것으로 그림 2와 같다. 그림 2(a)는 펌핑식으로 노즐에 부착된 스위치를 타이머에 의하여 작동되는 벨소리를 듣고 작업자가 on/off, 그림 2(b)는 배지의 압송식으로 배지의 조제용기에서 압송되는 배지를 스프레이 건에 부착된 스위치를 작업자가 경험적으로 on/off하면서 분주하는 방식이었다.



(a) Pumping type



(b) Positive pressure type

Fig. 2. Semi-automatic distributor made by users.

한편, 배지의 분주량은 그림 3과 같이 50~225ml 범위로 배양작물, 배양용기 등에 따라 차이가 있었다. 그리고 자동분주기를 사용하는 C 및 D 배양실을 제외한 다른 배양실에서의 분주량은 기준량에 비하여  $\pm 25\%$  범위에서 차이가 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 분주량의 차이는 배양정도에 영향

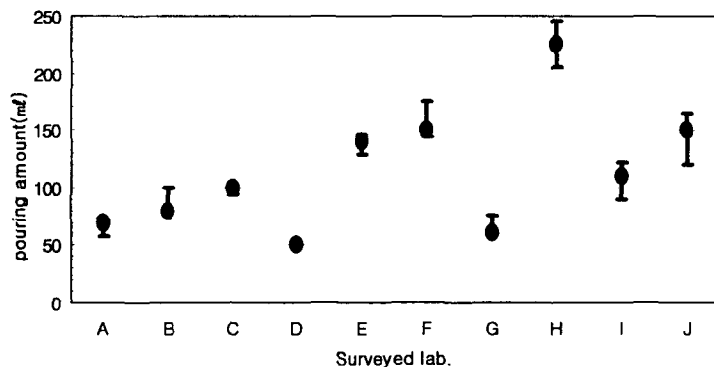


Fig. 3. Amount of mediums pouring in culture vessels.

을 미치는 경우도 있으므로 배양작물 등의 배양조건에 따른 적정량을 분주할 필요성이 있다고 지적하였다.

배지의 특성으로 분주시 온도와 점도는 그림 4와 같이 온도의 경우 36.8~88.0℃, 점도는 3.7~11.8cP 범위였으며, 배지의 점도가 온도에 반비례하는 경향이 뚜렷하지 않았다. 이는 배양실 또는 배양작물 등에 따라 한천 또는 사과, 감자, 바나나, 당근 등 유기물의 주입량에 차이가 있기 때문이라 생각된다.

따라서 배지의 분주작업을 기계화하기 위해서는 배지의 분주시 온도와 점도, 첨가물, 배양용기와 분주량 등을 종합적으로 고려하여야 될 것이며, 배양작물과 용기 등에 따라 분주량을 조절할 수 있는 시스템으로 개발될 필요성이 있다고 생각된다.

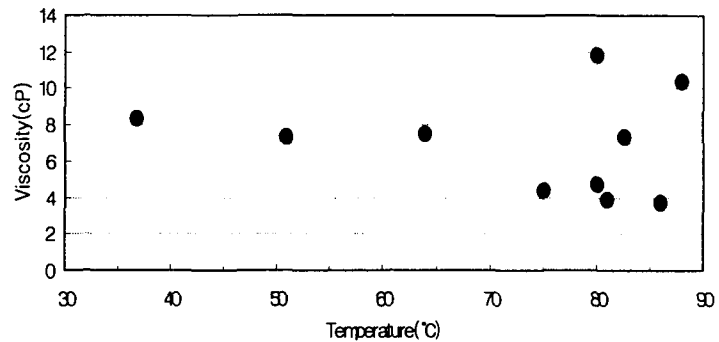


Fig. 4. Temperature & viscosity when pouring mediums.

#### 나. 배양용기의 밀봉작업

배양용기의 밀봉작업은 모든 배양실이 인력에 의존하였으며, 배양용기별 밀봉재료는 표 2와 같이 플라스크의 경우 호일 또는 고무마개와 호일, 배양병은 모두 나사산이 있는 캡, PE용기는 뚜껑을 사용하는 것으로 나타났다. 밀봉작업능률은 호일만으로 밀봉하는 경우 시간당 180~240병, 고무마개+호일을 사용하여 밀봉할때는 시간당 고무마개를 1,050~1,300개, 호일을 470~600개 정도 밀봉하였다. 나사산이 있는 캡으로 배양병을 밀봉하는 작업능률은 시간당 480~560병정도, PE용기의 밀봉은 시간당 1,400개 정도 등이었다. 이와 같이 호일의 밀봉작업능률에서 호일만, 그리고 고무마개와 호일로 밀봉할때 차이가 있는 것은 호일만으로 밀봉시 기밀성이 유지되도록 보다 섬세한 작업을 하기 때문이었으며, 다른 재료에 비하여 PE용기의 밀봉이 가장 능률적인 것은 7개정도를 겹쳐 동시에 밀봉하기 때문이었다.

Table 2. Sealing materials & working efficiency by culture vessels

Items	Flask		Bottle	PE container
Sealing materials	Aluminum foil	Rubber cork + Foil	Cap with scrow	Stopper
Working efficiency (vessels/h)	180~240	Rubber cork : 1,050~1,300 Foil : 470~600	470~600	1,387

#### 다. 배양체의 접종작업

배양체의 접종작업은 모든 배양실이 인력에 의존하였으며, 배양체를 배지와 분리하여 불필요한 부분을 제거하고 배양작물에 따라 생육정도를 2~3등급으로 구분하여 배양용기의 배지 위에 치상하는 과정으로 수행되었다. 그림 5는 무균상태의 유지를 위하여 무균작업대에서 수행되는 접종작업광경이며, 작업능률은 호접란의 경우 배양병에 25본을 접종하는데 시간당 6병, 심비디움은 원형 플라스크에 25본을 접종하는데 시간당 10병 정도로 배양상태, 배양용기의 종류, 작업자의 숙련도 등에 따라 차이가 있다고 하였다.

따라서 배양체의 접종작업은 생력화가 필요한 공정이며, 이의 기계화를 위해서는 배양체를 배지와 분리, 불필요한 잎이나 줄기부분 등의 제거, 선별 및 치상 등의 기능을 갖는 장치들로 구성되어야 할 것이다.



Fig. 5. Inoculating in clean bench.

#### 라. 배양용기의 세척작업

식물체의 대량증식에 사용되는 플라스크, 배양병, PE용기 등 배양용기의 세척작업은 식물묘를 대량생산하는 농원 1개소의 경우 모터에 브러시를 부착한 세척기를 제작하여 사용하였으며, 이 외의 9개배양실은 모두 물에 담겨 두었다가 세제와 브러쉬 등을 사용하여 그림 6과 같이 인력에 의존하고 있었다. 인력에 의한 세척작업능률은 배양용기의 종류, 배지의 특성 등에 따라 시간당 50~100개 정도였으며, 모터에 브러시를 부착한 세척기를 사용할 경우 시간당 500여개의 세척이 가능하다고 하였다.



Fig. 6. Washing of culture vessels.

### 4. 요약 및 결론

식물조직 배양공정의 기계화 기술개발을 위한 기초자료를 얻고자 식물조직 배양기술의 개발 또는 식물묘를 대량생산하는 연구지도기관 및 농원 등의 배양실 10개소를 대상으로 배지의 분주, 배양용기의 밀봉 및 세척, 배양체의 접종과정 등에 대한 작업실태를 조사분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 배양기술의 개발 또는 식물묘 대량생산은 대부분이 나리, 호접란, 풍란, 심비디움 등 화훼류였으며, 배지는 모두 한천이 혼합된 고체배지, 배양용기는 형상 및 용량 등이 다른 플라스크, 배양병, PE용기 등이 사용되었다.

나. 배지의 분주작업은 조사대상 10개배양실중 6개소는 작업자가 비이커를 사용하여 분주하였고 4개소는 자동 또는 반자동분주기를 사용하였으며, 인력 및 반자동분주기의 사용시 배양용기간의 분주량은 기준량의  $\pm 25\%$ 범위에서 차이가 있었다.

다. 액체배지의 분주시 온도는  $36.8\sim 88.0^{\circ}\text{C}$ , 점도는  $3.7\sim 11.8\text{cP}$  범위였고 점도는 배지에 혼합하는 한천, 사과 등 유기물의 양에 따라 차이가 있으므로 배지의 분주작업을 기계화하기 위해서는 배지의 온도와 점도, 배양용기와 분주량 등을 종합적으로 고려하여 배지의 점도에 따라 분주량을 조절할 수 있도록 개발할 필요성이 있다고 생각된다.

라. 배양용기의 밀봉소재는 플라스크의 경우 호일 또는 고무마개와 호일, 배양병은 모두 나사산이 있는 캡, PE용기는 뚜껑을 사용하였으며, 밀봉작업은 모든 배양실에서 인력에 의존하였고 작업능률은 호일만으로 밀봉하는 경우 시간당 180~240병, 캡은 시간당 470~600개 정도였다.

마. 배양체의 접종작업은 모든 배양실이 인력에 의존하였으며, 배양체를 배지와 분리하여 불필요한 부분을 제거하고 배양작물에 따라 생육정도를 2~3등급으로 구분하여 배양용기의 배지 위에 치상하는 과정으로 수행되었으며, 작업능률은 호접란의 경우 배양병에 25본을 접종하는데 시간당 6병, 심비디움은 원형 플라스크에 25본을 접종하는데 시간당 10병 정도였다.

바. 식물체의 대량증식에 사용되는 플라스크, 배양병, PE용기 등 배양용기의 세척작업은 농원의 1개배양실에서 간이식 세척기, 이 외의 9개배양실은 모두 물에 담겨 두었다가 세제와 브러쉬 등을 사용하여 인력으로 세척하고 있어 생력화 기술개발이 요구되었다.

## 5. 참고문헌

- 1) 강창호. 2001. 식물조직 대량증식공정의 기계화기술 개발과제. 농기계연 세미나자료
- 2) 김용현. 2000. 농업기계공학분야에서 바이오테크놀러지의 응용. 한농기지 25(4)
- 3) 日農機学会. 1996. 바이오テクノロジー. 生物生産機械ハンドブック
- 4) 中田和男, 加藤 陽. 1987. バイテクと農業機械の接点を理解するために. 日農機学会 関西支部セミナー資料
- 5) Paek kee-yoeup, Hahn eun-joo & Son sung-ho. 2001. Application of bioreactors for large-scale micropropagation systems of plants. In Vitro Cell. Dev. Biol.-Plant 37
- 6) 백기엽 등 5인. 1998. 조직배양에 의한 고품질 우량종묘 생산과 생산비 절감. 원예과학기술지 16(2)
- 7) 백기엽. 1993. 조직배양에 의한 원예작물 대량번식. 생물화공 7(2)
- 8) 岡本嗣男 등 3인. 1992. 生物にやさしいロボット工学. 実教出版(株)
- 9) 이용현, 이기명. 1995. 기내 유묘생산의 자동화기술. 최신생물공학. 경북대 출판부
- 10) 李鉉淑, 鄭載東. 2000. 거베라의 기내 우량묘 생산기술 체계확립. 경북대 박사학위논문