

# 식물조직배양용 배지의 분주장치 개발

## Development of Pouring Machine of Mediums in Plant Tissue Culture

강창호*	정석현*	노대현*	한길수*	최홍기*	이승규**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
C.H.Kang	S.H.Chung	D.H.Noh	K.S.Han	H.K.Choi	S.K.Lee

### 1. 서론

생명공학, 생물공학, 생물이용기술 등으로 불리우며 21세의 첨단과학기술로서 평가받고 있는 바이오테크놀로지(BT, biotechnology)는 「생물이 지니고 있는 여러 가지의 기능을 최대한으로 활용하여 생물생산에 효과적으로 이용하기 위한 기술」이다(日農機学会, 2000). 생명공학기술의 하나인 식물조직 배양기술은 화훼류 등의 식물묘 대량생산에 실용화되고 있으며(백, 1998), 앞으로는 식물묘의 대량증식 뿐만 아니라 의약품 등에 사용될 수 있는 기능성 물질의 대량생산 수단으로서 그 중요성이 더욱 커질 것으로 전망된다.

현재, 식물조직 배양기술에 의한 식물묘의 생산에는 많은 노동력이 소요되어 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. 김(2000)은 BT분야의 경우 다양한 학문분야에서 협력연구가 필요하며 농업기계공학분야도 관련연구를 수행할 필요성이 있음을 지적하였다.

식물조직 배양공정의 생력화를 위한 기계화기술에 대한 연구는 외국에서 켈러스의 접종로봇 등 연구가 수행되었으며(岡本, 1992), 국내에서 배양공정의 기계화를 위한 작업실태분석을 제외하고 거의 없는 실정이다(강, 2002). 더욱이 식물조직 배양공정에서 기계화요구도는 배지를 배양용기에 분주하고 분주된 배양용기를 밀봉하는 작업에서 가장 높은 것으로 나타났으며 다음은 배양용기의 세척, 배양체의 절단 및 치상작업 등이었다(강, 2001).

이 연구는 식물조직의 배양공정에서 기계화요구도가 가장 높았던 배지의 분주 및 배양용기의 밀봉작업을 생력화할 수 있는 기계화기술을 개발하기 위하여 수행되었으며, 여기서는 배지의 분주장치에 대한 연구결과를 보고한다. 특히, 배지의 분주작업은 배양목적 등에 따라 배지의 조성물질에 차이가 있고 가열하여 조제하며 소형의 배양용기에 원하는 만큼을 분주한다. 따라서 배지의 분주장치는 안전성을 고려하여 온도가 100℃, 점도가 다른 유체를 원하는 만큼 분주량을 조절할 수 있으며 배양용기간에 분주량의 차이도 적도록 개발되어야 할 필요성이 있다.

---

\* 농업기계화연구소 기초기술기계과

\*\* 경상대학교 농업시스템공학부 생물산업기계공학과

## 2. 분주장치의 설계제작

### 가. 개발방향

배지의 분주작업은 형상과 크기가 다른 플라스크, 배양병 및 PE용기 등의 배양용기에 배지를 원하는 만큼 분주하는 것이다. 따라서 배지의 분주장치는 기존에 사용되는 배양용기에 배지의 점도 등 특성에 따라 원하는 만큼을 정확하게 분주할 수 있어야 한다.

이러한 조건을 만족시킬 수 있도록 그림 1과 같은 분주장치를 구상하였다. 즉, 배지의 조제용기에서 펌프로 배지를 밸브까지 송수하면 밸브의 구동 조건에 따라 배지가 노즐을 통하여 배양용기에 분주 또는 배지탱크로 회수되어 배지를 교반시킬 수 있는 구조이다. 여기서 밸브의 구동조건은 노즐을 통한 배지의 분주 또는 배지탱크로 회수, 그리고 노즐을 통한 배지의 분주시 분주량을 조절할 수 있도록 배지의 분주시간을 제어하는 것이다.

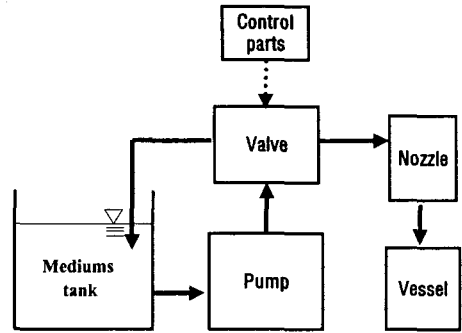


Fig. 1. Conceptual design of pouring machine.

### 나. 시작기의 설계제작

그림 2는 설계제작된 배지의 분주장치로 배지를 송수하는 펌프와 펌프의 구동용 모터, 배지를 구동조건에 따라 배지를 배지탱크 또는 노즐로 분배하는 전자밸브, 전자밸브의 구동조건을 제어하기 위한 센서, 타이머 및 릴레이 등이 조합된 제어부, 배지를 분주하는 노즐 등으로 구성하였으며 주요부의 제원은 표 1과 같다.

펌프는 온도가 100℃ 정도의 배지를 송수할 수 있는 정량펌프의 일종인 배인펌프를 선정하였다. 이 펌프는 송수량은 대상유체가 물인 경우 시간당 최대 400ℓ, 챔버와 배인의 재질은 내마모성과 내식성이 있는 흑연탄소강으로 제작된 것이다. 펌프와 직결한 모터는 공시한 펌프의 구동용으로 제시된 출력이 0.3kw이고 정격회전수가 1,710rpm인 모터를 공시하였다.

밸브는 펌프에서 입력되는 하나의 흡인포터와 배지탱크 및 노즐로 각각 토출할 수 있는 3포터방식의 전자밸브를 공시하였으며, 이 밸브의 오리피스 구경은 배지에 혼합되는 유기물의 크기를 고려하여 Ø2.3mm의 형식을 선정하였다. 노즐은 배지의 분주방법을 고려하여 프레임에 부착형과 프레임과의 분리형 등 2종을 제작하였다. 부착형은 노즐의 하단에 배양용기를 하나씩 입

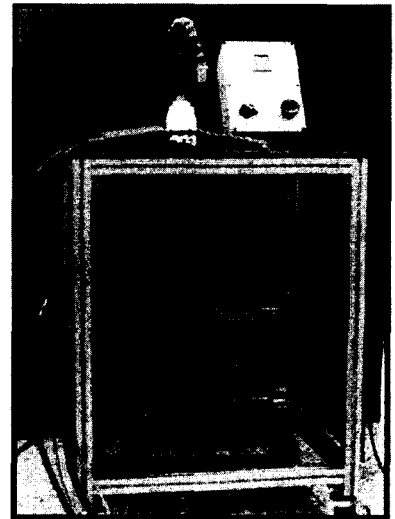


Fig. 2. Prototype of pouring machine.

배출시키면서 분주하는 방식이고 분리형은 노즐을 배열된 배양용기로 이동하면서 분주하는 방식이다.

분주장치의 제어부는 배양용기가 없는 경우 배지는 배지탱크로 회수되어 배지를 교반시키고 배양용기가 준비되면 분주센서를 on시켜 원하는 만큼의 배지를 분주할 수 있는 시간동안 전자밸브의 노즐측 토출구를 열어 배지를 분주하도록 제작하였다.

Table 1. Specifications of prototype

Items	Specifications
Pump & Motor	Pump : Vane pump Moter : 0.3kw
Valve	Type : 3 ports Diameter of orifice : Ø2.3mm

### 3. 분주성능시험

#### 가. 재료 및 방법

배지의 분주장치는 분주시에 배지가 배양용기의 외부에 묻거나 내부에 튀는 등의 경우가 없어야 한다. 이를 위하여 점도가 다른 4종의 배지, 노즐팁의 구경을 4종(3~6mm), 배양용기는 사각 및 원형 배양병, 삼각 플라스크(300ml) 및 PE용기 등 4종을 공시하여 분주상태를 조사하였다. 그리고 배지의 분주량은 점도가 다른 배지를 임의로 조제하여 분주시간별 분주량과 배양용기별 분주량의 차이를 조사하였다. 그리고 배지의 점도와 온도는 점도계(LVDV-II+, Brookfield), 분주량은 스케일이 부착된 메스실린더로 측정하였다.

그리고 분주장치의 작업성능은 실험실과 식물묘를 대량생산하는 현장에서 실증시험을 통하여 조사하였다. 현장에서의 실증시험은 호접란의 묘를 연간 100만본정도 생산하는 농원에서 기존에 사용되는 배지, 배양용기 및 분주량 등을 기준하여 관행의 분주작업능률과 개발한 분주장치의 분주성능을 비교하였다.

#### 나. 결과 및 고찰

##### (1) 분주상태

분주장치로 배지를 분주시 분주스위치를 off 시켜도 배지의 점도나 노즐팁의 크기에 관계없이 순간적으로 배지가 노즐팁에서 흘러내리는 경우가 있었다. 이와 같이 흘러 내리는 배지가 배양용기의 외부에 묻게되면 오염발생의 원인이 될 수 있으므로 분주장치를 이용할 경우 분주스위치를 off한 다음 순간적으로 정지하면서 작업을 할 필요가 있다고 생각된다.

한편, 노즐팁의 크기는 배지의 유속에 영향을 미치며 배지의 유속은 배양용기의 형상이나 크기에 따라 분주상태를 변화시킨다. 노즐팁의 크기가 6mm일때 공시한 모든 배양용기에 정속하게 배지가 분주되었으며, 5mm에서는 PE용기를 제외하고 모두 정속하게 분주되었다. 노즐팁의 크기가 4mm에서는 PE용기의 경우 배지가 외부로 튀어 나왔고 다른 배양용기는 수직 또는 경사지게 분주하는 등 분주조건에 따라 분주상태의 차이가 있었으며, 3mm는 공시한 배양용기 모두 배지가 배양용기의 내벽 전체에 붙거나 외부로 튀어 사용이 불가능한 것으로 나타났다.

그림 3은 3mm의 노즐팁으로 사각 배양병에 분주시 배지가 외부로 튀어 나오지는 않았으나 용기의 윗부분까지 배지가 튀었고 6mm의 노즐팁으로 PE용기에 분주시는 정숙하게 분주되는 상태를 보이고 있다. 따라서 배지의 분주장치에서 노즐팁의 크기는 모든 배양용기에 분주가 가능한 6mm로 선정하는 것이 좋을 것으로 생각된다.



<nozzle tip 3mm, bottle>



<nozzle tip 6mm, PE container>

Fig. 3. Picture of mediums pouring to vessels by pouring conditions.

## (2) 배지의 분주량

배지의 점도에 따른 분주시간별 분주량은 그림 4와 같다. 배지의 분주량은 분주시간에 따라 증가하였으며 분주시간이 2초이상에서는 1초시의 분주량을 기준한 것보다 2.5~7.3%정도 많은 것으로 나타났다. 이는 제어부에서 전자밸브의 노즐측 토출구가 분주센서의 on으로 타이머가 작동됨과 동시에 열리지 않고 순간적으로 지연되기 때문이라 생각된다. 그리고 분주량은 배지의 점도가 높을수록 감소하였는데 이는 대상유체의 점도가 높을수록 송수관의 마찰손실이 크므로 당연한 결과라고 생각된다.

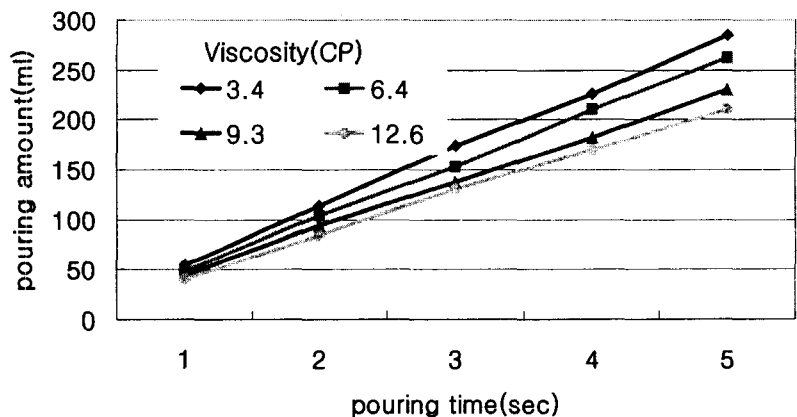


Fig. 4. Relationships between pouring time and amount by mediums viscosity.

배지의 분주시간 및 점도에 따른 배양용기별 분주량의 변이계수는 0~5.2%로 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 인력에 의존하여 분주하는 기존의 분주작업에서 배양용기별 분주량이 기준량의  $\pm 25\%$  정도 차이가 있던 것(강, 2002)에 비하면 상당히 적은 값이다. 따라서 배지의 분주장치

는 원하는 만큼의 적량을 분주할 수 있음을 알 수 있다.

### (3) 분주성능

개발한 분주장치의 작업성능은 점도가 3.4CP인 배지를 삼각 플라스크에 150ml씩 50병에 분주하는데 부착형 노즐은 33.3분, 분리형은 25분이 각각 소요되었다. 이와 같이 분리형이 부착형보다 분주시간이 33% 더 많이 소요되는 것은 부착형의 경우 배양용기의 준비상태나 작업자의 숙련도에 따라 차이가 있겠으나 배양용기를 하나씩 입배출하는 시간이 분리형과 같이 놓여진 배양용기를 노즐이 이동하는 시간보다 많이 소요되기 때문이다.

그림 5는 호접란을 대량배양하는 농원에서 기존에 사용하는 배지, 배양용기 및 분주량 등을 기준하여 기존의 인력에 의한 분주작업과 개발된 배지의 분주장치로 분주성능을 조사하는 광경이며, 이들의 작업성능은 표 2와 같다. 농원에서 사용되는 배지의 점도는 한천과 바나나, 감자 및 당근 등을 파쇄하여 혼합하고 있어 10.1CP 였으며, 배양용기당 분주량은 160 ml이었다.



<Manual>



<Prototype>

Fig. 5. Picture of pouring performance test in commercial plantation.

농원에서 기존에 배지를 분주하는 방법 즉, 조제된 배지탱크에서 작업자가 비이커에 담아 배양용기를 들고 경험적으로 분주하는데 30 l의 배지를 50분에 분주하였고 배양용기 별 분주량은 기준량에 비하여  $\pm 18\%$ 의 차이가 있었다. 반면, 배지의 분주장치에서 분리형 노즐을 사용하여 분주시 30 l의 배지를 분주하는데 11분이 소요되었으며 배양용기당 분주량은 기준량에 비하여  $\pm 1.3\%$ 의 차이가 있었다. 따라서 배지의 분주장치는 인력에 의한 관행의 분주작업능률에 비

Table 2. Pouring performance by manual & prototype

Items	Pouring time (Min/30 l)	Pouring amount	
		ml/vessel	Error(%)
Manual	50	150~188	$\pm 18$
Prototype	11	158~162	$\pm 1.3$

하여 4.5배 능률적이고 원하는 만큼 정확한 분주가 가능함을 알 수 있다. 그러나 여기서의 분주성능은 시험한 농원에서의 조건에 대한 비교이며, 분주성능은 배지의 점도와 온도, 사용하는 배양용기, 배양용기별 분주량, 작업자의 숙련도 등 배양조건에 따라 변화될 것이다.

## 5. 요약 및 결론

식물조직 배양기술에 의한 식물묘의 대량생산에서 기계화의 요구도가 가장 높은 배지를 배양용기에 분주하는 작업의 생력화를 위하여 분주량의 조절이 가능이 분주장치를 설계제작하고 작업성능을 평가한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 배지의 분주장치는 배지를 송수하는 펌프와 모터, 배지를 구동조건에 따라 분배하는 전자밸브, 전자밸브의 구동조건을 제어하기 위한 분주센서, 타이머 및 릴레이 등이 조합된 제어부, 배지를 분주하는 노즐 등으로 구성하였다.

나. 배지의 분주장치는 노즐팁의 구경에 따라 분주상태가 변화하였으며 노즐팁의 구경이 6mm일때 공시한 모든 배양용기에서 배지가 외부 또는 용기내에 튀지 않고 정숙하게 분주되는 것으로 나타났다.

다. 배지의 분주량은 배지의 점도가 증가할수록 감소하였고 같은 조건에서 배양용기별 분주량은 변이계수가 0~5.2%정도로 차이가 없었으며 기존의 인력작업시 기준량에 비하여  $\pm 25\%$ 정도 차이가 있는 것과 비교할때 적량의 분주가 가능함을 알 수 있다.

라. 분주방법별 분주장치의 작업성능은 500병의 삼각플라스크에 150ml를 분주할 경우 부착형 노즐은 33.3분, 분리형은 25분이 각각 소요되어 분리형이 부착형의 경우 배양용기의 준비상태나 작업자의 숙련도 등에 따라 차이가 있겠으나 더 능률적인 것으로 나타났다.

마. 호접란을 대량배양하는 농원에서의 실증시험결과 30ℓ를 배지를 160ml씩 분주하는데 인력 분주시는 50분, 분주장치는 11분이 각각 소요되어 분주장치가 4.5배정도 능률적인 것으로 나타났다.

## 6. 참고문헌

- 1) 강창호. 2002. 식물조직 배양공정의 기계화를 위한 작업실태분석. 농기학회 학술대회는 문집(7(1))
- 2) 강창호. 2001. 식물조직 대량증식공정의 기계화기술 개발과제. 농기계연 세미나자료
- 3) 김용현. 2000. 농업기계공학분야에서 바이오테크놀러지의 응용. 한농기지 25(4)
- 4) 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
- 5) 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
- 6) 백기엽 등 5인. 1998. 조직배양에 의한 고품질 우량종묘 생산과 생산비 절감. 원예과학 기술지 16(2)
- 7) 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)
- 8) 이용현, 이기명. 1995. 기내 유묘생산의 자동화기술. 최신생물공학. 경북대 출판부