

# 식물조직 배양용기의 자동세척장치 개발(I) - 요인시험 중심 -

## Development of Automatic washing device of vessel for plant tissue culture ( I )

이용범*	강창호*	최홍기*	김상철*	임동혁*	한길수*	김시찬*
Y.B. Lee	C.H.Kang	H.G.Choi	S.C.Kim	D.H.Lim	K.S.Han	S.C.Kim

### 1. 서 론

바이오테크놀로지는 21세의 첨단과학기술로서 생명공학, 생물공학, 생물이용기술 등으로 불리우고 있으며 최근 생명공학에 대한 기사가 TV, 신문, 잡지 등에 자주 등장하여 사람들의 흥미를 끌고 있다. 이는 생명공학이 풍요로운 사회를 만들어 낼 것이라고 기대하기 때문이라 생각된다. 생명공학기술 중 널리 실용화되고 이용이 활성화된 분야가 식물의 조직배양분야라 할 수 있고 현재 화훼류 등의 식물묘 대량생산에 활용되고 있다. 앞으로는 식물묘의 대량증식 뿐만 아니라 의약품이나 화장품 등에 사용될 수 있는 기능성 물질을 대량으로 생산하는 수단으로서 그 중요성이 더욱 커질 것으로 전망된다.

이러한 식물조직 배양산업의 경쟁력을 높이기 위해서는 배양환경의 개선을 통한 배양기술의 개발과 인건비를 줄일 수 있는 기계화기술의 개발이 필요하다고 생각되며 그 중에서도 식물의 조직배양 이후에 사용된 배양용기를 재이용하기 위하여 용기 속에 남은 배지와 잔여찌꺼기를 자동으로 세척할 수 있는 장치를 개발 보급하는 것이다.

따라서 연 연구에서는 배양용기의 자동 세척장치를 개발하기 위하여 물세척 및 행굼 노즐, 브러쉬에 의한 세척, 공기탈수노즐과 노즐 및 브러쉬의 동작시간 등을 중심으로 요인 시험한 결과 중심으로 기술한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 실태조사

세척장치의 개발에 앞서 선호형태 및 문제점들을 도출하고자 식물조직 배양시설을 갖춘 연구지도기관 7개소와 농원 3개소 등 총 10개소를 대상으로 현지방문 실태조사를 실시하였다, 주요 조사내용으로는 배양용기 형태, 세척공정, 세척수단 등으로 이를 조사하여 시스템 개발에 반영하였다.

#### 나. 시험장치 설계제작

형식은 반자동식으로 하여 공급과 배출은 수동이며 이송·세척·탈수는 자동식으로 하였다. 구조는 공급되는 배양용기를 홀더가 파지한 상태에서 회전하면서 한 공정씩 수행되는 방식으로 하였으며, 작업공정은 물분사세척 → 브러쉬세척 → 물분사행굼 → 공기분사 탈수공정으로 수행되도록 하여 제작하였다(그림 1~5).

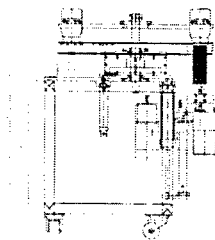


그림 2. 개념설계

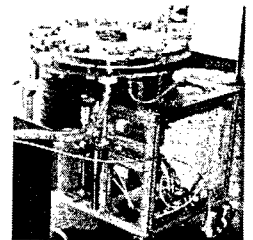


그림 3. 요인시험장치

\* 농촌진흥청 농업공학연구소 메카트로닉스연구실

○ 주요 부위별 구조

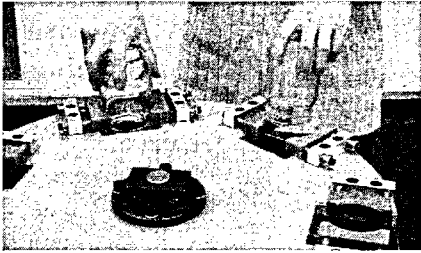


그림 3. 용기의 입배출



그림 4. 물 세척

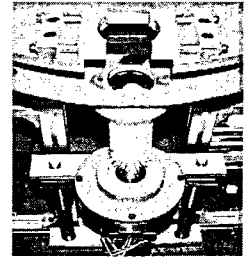


그림 5. 브러쉬 세척

다. 요인시험

물세척 및 공기탈수 공정의 경우 노즐별, 동작시간별로 세척정도를 시험하였다. 그리고 브러쉬 세척은 소재별 동작시간별로 시험하여 작업정도를 비교 측정하였다. 배양용기는 내부를 황토로 채색하여 세척시험에 이용하였으며 작업정도의 판정은 연구소의 연구원 및 조직배양전문가들을 대상으로 10명의 패널을 선정하여 불량률 0으로, 최우수세척을 5로 하여 주관적으로 세척정도를 점수화하도록 하였다(그림 6, 7)

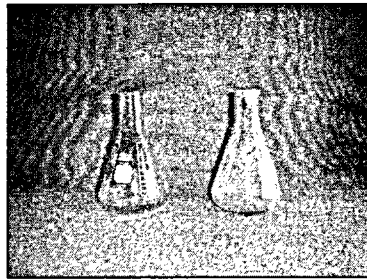


그림 6. 채색전후(플라스크)



그림 7. 채색전후(원형병)

(1) 노즐 및 브러쉬 형태별

노즐 및 브러쉬는 시중에 유통되는 제품을 배양용기의 크기 및 형상에 맞게 제작하여 이용하였다. 노즐에 있어서는 삼각플라스크 및 원형병 모두 동일한 노즐을 대상으로 시험하였다. 다만  $\phi 1.5\text{mm}$  크기의 구멍을 중앙에 1홀, 그리고  $\phi 1.0\text{mm}$  크기의 구멍을 센터홀 주위에  $90^\circ$  간격으로 4홀을 설치하여 물이 일정 각도로 분사되도록 한 노즐의 경우 분사각도만 달리하여 적용하였다. 즉 삼각플라스크는 분사각도를  $15^\circ$ , 원형병은  $12^\circ$ 로 제작하여 4홀의 구멍에서 분사되는 물이 각각 용기의 가장자리에 분사되도록 하였다(그림 8, 10).

브러쉬도 배양병의 형상에 따라 타이렉스나이론 소재와 이를 실과 혼합한 유형으로 하여 삼각플라스크는 2가지 유형, 원형용기는 3가지 유형으로 하여 시험하였다(그림 9).

시험규격 (mm)	SP형 $\phi 2.4$	SP형 $\phi 3.7$	센터 $\phi 1.5 \times 1$ 홀	센터 $\phi 1.5 \times 1$ 홀, 상부 $\phi 1.0 \times 4$ 홀 ( $15^\circ, 12^\circ$ )	센터 $\phi 1.5 \times 1$ 홀, 측면 $\phi 1.0 \times 6$ 홀 ( $10^\circ$ 하부경사)
형상					

그림 8. 물분사 세척공정의 시험노즐 (5개 타입)

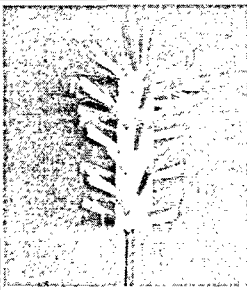
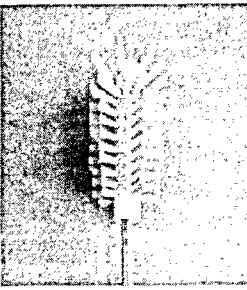

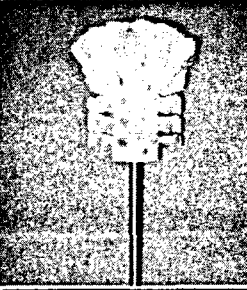
시험규격	타이렉스나이론 (0.3mm, 플라스크용)	타이렉스나이론 (0.3mm, 원형병용)	타이렉스나이론(0.3mm) + 실(공용)	타이렉스나이론 (0.08mm, 원형병용)
형상				

그림 9. 브러쉬 세척공정 시험용 브러쉬 (4개 타입)





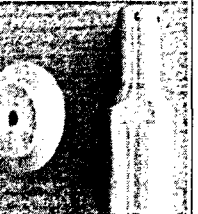
시험규격 (mm)	SP형 $\Phi 2.4$	SP형 $\Phi 3.7$	센터 $\Phi 1.5 \times 1$ 홀, 상부 $\Phi 1.0 \times 4$ 홀 (15°, 12°)	측면 $\Phi 1.0 \times 6$ 홀 (10°하부경사)	센터 $\Phi 1.5 \times 1$ 홀, 측면 $\Phi 1.0 \times 6$ 홀 (10°하부경사)
형상					

그림 10. 공기 탈수공정 시험노즐 (5개 타입)

(2) 노즐 및 브러쉬 동작시간 : 3수준 (2초, 3초, 4초)

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 실태조사

식물조직을 대량증식하는 배양시설에서는 주로 원형배양병을, 식물조직 배양기술을 연구하는 기관의 배양실에서는 주로 삼각플라스크 및 튜브 등의 사용이 일반적이었으며, 일부 시설에서는 PE용기 및 1회용 용기도 사용하는 경우가 있었다. 세척하는 공정은 식물조직을 대량증식하는 배양시설에서는 사용용기의 수집 → 세재에 담금 → 세척(담고 행금) → 건조 등의 과정으로 수행되었다. 반면 연구기관의 배양실에서는 세척하여 건조하는 과정으로 수행되었다(그림 11)



<수집>

<담금>

<세척>

<건조>

그림 11. 농원에서의 배양용기 세척공정별 처리광경

또한 세척수단은 인력에 의존하였으며 작업능률은 배양용기의 종류 등에 따라 차이가 있으나 대략 50~100병/시간으로 조사되었다. 또 일부 식물조직배양시설에서 세척작업의 생력화를 위하여 모터의 축에 브러쉬를 부착한 간이세척 기구를 제작하여 사용하는 사례가 있었다.

### 나. 시작기의 설계제작

세척장치의 시스템은 실태조사 결과를 바탕으로 배양용기의 공급과 배출은 수동, 이송·세척·탈수는 자동식으로 하여 전체적으로는 반자동식으로 하였으며 구조는 6분할된 원판에 홀더로 잡고 이송되는 과정에서 세척 및 탈수가 이루어지도록 하고 물세척 2공정, 브러쉬세척 1공정 그리고 탈수는 공기탈수 1공정으로 하여 그림 그림 12~14와 같이 설계하여 제작 하였다.

배양용기 중 삼각플라스크와 원형배양용기는 형상면에서 많이 다르기 때문에 공동이용이 어려워 두가지 장치를 별도로 설계 제작하여 시험하였다. 다만 실험실 등에서 일부 이용하는 튜브용기의 경우 삼각플라스크 세척장치에서 노즐 및 브러쉬 형상만 바꿔 이용하면 가능하기 때문에 별도장치를 제작하여 시험하지 않았다.

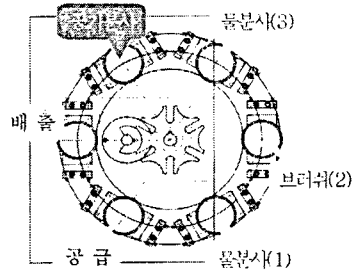


그림 12. 세척장치 공정

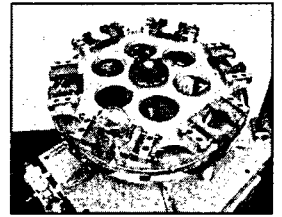
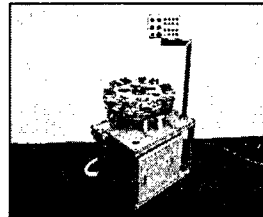
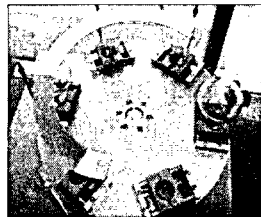


그림 13. 삼각플라스크 세척장치

그림 14. 원형배양용기 세척장치

### 다. 요인 시험

#### (1) 물세척 및 헹굼 노즐

물 세척 및 헹굼 요인시험에서는 노즐 형태별로 5 타입에 대해 시험하였다. 먼저 삼각플라스크 세척요인시험 결과를 보면 SP형인 첫 번째와 두 번째 노즐은 물 분사시 세척수가 부채꼴 형상으로 퍼지면서 분사되어 효과가 좋을 것으로 사료되었으나 분사시 중앙에 동공이 생겨 내부 전면에 골고루 분사하지 못하고 물의 분사세기 또한 미흡해 세척정도가 0.5~1로 가장 부적합하였다. 반면 3번째 노즐은 중앙 한곳에만 구멍이 있는 노즐로서 배양용기의 상부 중앙에 분사되면서 세척수가 좌우 사방으로 흩어지며 세척되어 세척정도가 3으로서 다소 높은 세척율을 보였다. 그리고 5번째 노즐은 센터에 하나의 구멍과 측면에 6개 구멍을 60°간격으로 설치한 노즐로서 상부는 어느정도 세척이 이루어지나 측면에는 미분사영역이 발생하고 세척 또한 원활히 이루어지지 않아 패널평가에 의한 세척정도가 2로 낮게 나타났다. 반면 센터에  $\phi 1.5$  mm 크기 1홀과 상부에  $\phi 1.0$  mm 크기의 4홀을 설치하고 삼각플라스크의 가장자리에 분사되도록 15°로(원형병의 경우 12°) 경사지게 제작한 4번째 노즐은 세척정도가 5로써 완벽하게 세척되어 가장 우수한 것으로 나타났다. 또한 이러한 요인시험 결과는 원형배양병 세척 적용시에도 동일한 효과가 나타났다(표 1).

표 1. 물세척 및 헹굼노즐별 요인시험 결과

시험규격	SP형 $\phi 2.4$	SP형 $\phi 3.7$	센터1홀, $\phi 1.5$	센터 $\phi 1.5 \times 1$ 홀, 상부 $\phi 1.0 \times 4$ 홀		센터 $\phi 1.5 \times 1$ 홀, 측면 $\phi 1.0 \times 6$ 홀 (10°하부경사)	
				15°	12°		
세척정도							
(0~5)	삼각플라스크	1	0.5	3	5	-	2
	원형배양병	1	0.5	3	-	5	2

### (2) 브러쉬 세척

삼각플라스크는 입구가 매우 좁은 반면 용기의 바닥은 넓은 삼각형 구조를 유지하고 있으므로 브러쉬를 배양용기 내로 삽입할 때 자유로와야 하므로 모재질의 강도가 크면 삽입이 어려워진다. 먼저 삼각플라스크 요인시험에 적용한 1번 및 3번 브러쉬의 경우 1번은 타이렉스나이론 0.3mm 소재로 제작한 브러쉬로서 소재의 강도로 인하여 플라스크 내로 삽입자체가 다소 어려웠으며 세척을 위한 회전시에도 마찰이 커 작업이 어려워 세척정도가 0.5로서 매우 불량하였다. 반면 3번 브러쉬는 상부에 타이렉스나이론 처리를 하고 측면엔 회전시 원심력에 의해 펼쳐져 측벽을 닦을수 있도록 실로서 제작한 것으로서 세척정도가 4로 다소 양호하게 작업이 이루어졌다. 다만 계속 세척시에는 실이 세척수 흡수로 함수율이 높아지면서 서로 엉겨붙어 퍼짐이 다소 불량하였다. 원형병에서는 타이렉스나이론 소재를 다소 유연한 0.08mm를 상부는 바닥면을 닦을 수 있도록 수직으로 식재하고 옆면에는 측면을 닦을수 있도록 수평으로 식재한 결과 진입도 용이하고 세척 또한 3.5로 다소 양호하게 세척되었다. 다만, 세척을 하지 않고 장기간 보관시 브러쉬는 텀테이블의 아래 홈통으로 들어가 있어 기존형상이 찌그러져 재 이용시 다소 불량하였다(표 2).

표 2. 브러쉬 세척 소재별 요인시험 결과

시험규격		타이렉스나이론 (0.3mm,플라스크)	타이렉스나이론 (0.3mm,원형병)	타이렉스나이론(0.3mm) + 실 (공용)	타이렉스나이론 (0.08mm, 원형병)
세척 정도 (0~5)	삼각플라스크	0.5	-	4	-
	원형 배양병	-	0.5	3.5	3.5

### (3) 공기탈수 노즐

세척후 공기를 분사하여 물기를 제거하는 탈수시험에 있어서는 노즐 형태별로 5개 타입을 시험하였다. 먼저 삼각플라스크 및 원형병 모두 SP형인 첫 번째와 두 번째 노즐은 물세척 시험시와 마찬가지로 공기 분사시에도 공기가 부채꼴로 퍼지면서 골고루 분사하지 못하고 물기를 아래쪽으로 끌어내리지 못하여 탈수정도가 0.5~1로서 매우 불량하였다. 3번째 노즐의 경우도 측면에 구멍이 없어 물기를 아래쪽 출구로 끌어내리지 못해 탈수정도가 2로서 불량하였다. 4번째와 5번째 노즐은 측면에 10°의 아래쪽으로 경사를 주어 공기가 분사되면서 물기를 출구가 있는 아래쪽으로 끌어 내릴수 있도록 한 것으로 다소 탈수효과가 있었다. 다만 4, 5번째 노즐의 차이는 배양용기 상부 바닥면의 물기제거를 위하여 중앙에 노즐구멍 설치유무에 따라 그 효과를 시험한 것으로 상부에 공기구멍이 있는 5번째 노즐은 탈수정도가 4인 반면 4번째 상부 구멍이 없는 노즐의 경우는 3으로 나타나 최종적으로 상부에 배양용기의 바닥탈수를 할 수 있도록 노즐구멍을 설치하고 측면은 물기를 공기로 끌어내릴 수 있도록 10°경사를 준 5번 노즐이 가장 우수하였다(표 3).

표 3. 공기탈수 노즐별 요인시험 결과

시험규격		SP형 Φ2.4	SP형 Φ3.7	센터Φ1.5×1홀, 상부Φ1.0×4홀		측면Φ1.0×6홀 (10°하부경사)	센터Φ1.5×1홀, 측면Φ1.0×6홀 (10°하부경사)
				15°	12°		
물기 제거 (0~5)	삼각플 라스크	1	0.5	2	-	3	4
	원형병	1	0.5	-	2	3	4

(4) 노즐 및 브러쉬 동작시간

노즐 및 브러쉬의 동작시간을 2초, 3초, 4초, 3수준으로 하여 세척정도를 시험한 결과 그림 15와 같이 2초에서는 세척이 전체적으로 불량하였으며, 3초의 경우에는 바닥면의 가장자리 부분에 불순물이 일부 남아있었다. 또 4초 가동시간에서는 찌꺼기 및 불순물없이 완벽하게 처리되었으나 다 제거된 상태임에도 세척장치가 다소 가동되는 손실시간이 발생하였다. 따라서 이 요인시험을 근거로 동작시간을 3.5초로 한 결과 손실시간 발생도 없고 세척도 완전하게 수행되었다(그림 15).

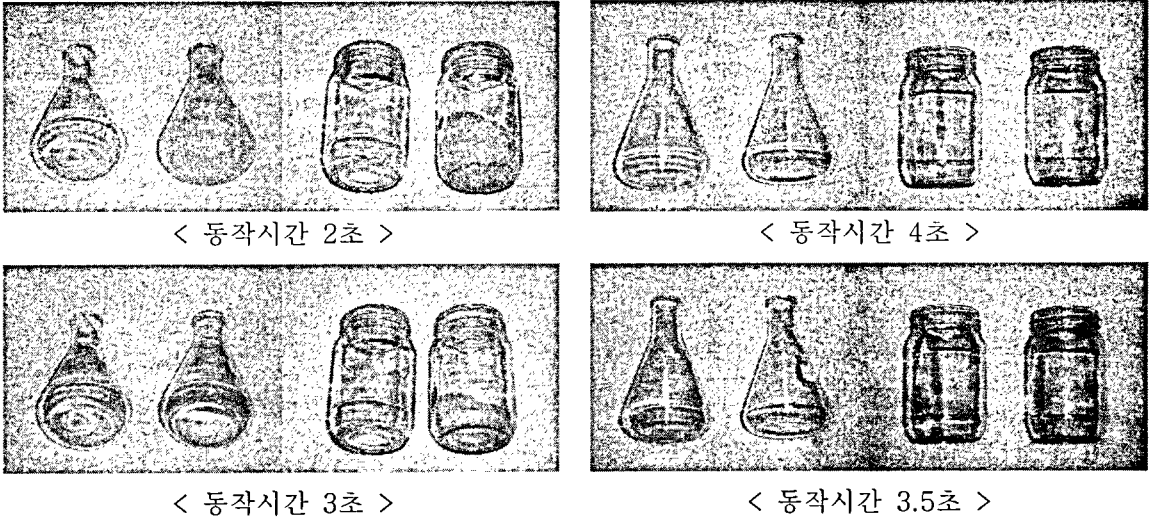


그림 15. 노즐 및 브러쉬 동작시간별 요인시험 결과

4. 결론 및 요약

본 연구는 식물조직배양에서 반복적으로 이루어지는 배양용기의 세척작업의 자동화를 위하여 주요인자별로 요인시험한 결과로써 그 결과를 요약하면 다음과 같다

- 식물조직 배양시설에서 주로 사용되는 배양용기는 민간 농원에서는 주로 원형 배양 병을, 그리고 식물조직배양의 실험실에서는 주로 삼각플라스크를 이용하고 있음
- 식물조직을 대량증식하는 배양시설에서 세척공정은 사용용기의 수집 → 세재에 담 굶 → 세척(담고 행굼) → 건조 등의 과정으로 수행되었으며, 연구기관의 배양실에서는 세척하여 건조하는 과정으로 수행되었음
- 노즐별 브러쉬별 요인시험 결과 물분사 세척에서는 노즐의 상부 중앙에 1.5mm의 구멍과 구멍 주변에 90°간격으로 4개의 1mm 구멍을 15°로 경사지게 노즐구멍을 설치한 것이 가장 우수하였으며 브러쉬는 타이렉스 나이론의 굵기 0.08mm와 타이렉스 나이론 및 실을 복합한 것이 가장 우수하였음. 또 공기탈수에서는 센터에 1홀과 측방에 6개의 구멍을 하부 10°로 노즐구멍을 설치함이 가장 우수하였음

5. 참고문헌

- 강창호 외 5인. 2003. 식물조직배양용 배지의 분주장치 개발. 농기학회논문집 8(1)
- 강창호 외 5인. 2002. 식물조직 배양공정의 기계화 실태분석. 농기학회논문집 7(1)
- 日農機學會. 1996. 바이오テクノロジー. 生物生産機械ハンドブック