

조직배양을 이용한 무병주 씨마늘의 원가 구성과 특성에 관한 연구

A Study on cost formation and characteristics of pathogen-free seed garlic by tissue culture technique

남 상 일* 오 대 환* 정 경 호*

정희원

S. I. Nam T. H. Oh K. H. Chung

주요 용어(Key Words) : 경제성(Economics), 원가분석(Cost), 조직배양(Tissus Culture),
씨마늘(Garlic)

1. 서 론

생물공학(biotechnology)의 한 분야인 식물 조직배양은 식물체의 기관이나 조직 또는 세포를 적당한 배양환경하에서 무균적으로 배양하여 여러 가지 목적(급속 증식 및 무병주 생산, 품종개량, 유전공학, 유용물질 생산, 유전 자원 보존 등)에 따라 이용하는 기술이다.

이 기술을 이용하는 가장 큰 목적은 적절한 생산비로 유전적으로 동일한 우량 식물체를 단기간에 대량으로 얻는 데 있다.

전 세계적으로, 이 기술의 상업화를 목적으로 많은 노력을 해 왔으며, 이 가운데 몇몇 방법은 관행법에 비해 훨씬 효과적이었다. 생산비 면에서는 삼목, 분주, 접목, 취목 또는 종자와 같은 전통적인 방법보다 원가가 높지만, 이 기술은 무병주 생산이나 신품종의 급속대량증식에 의한 종묘산업의 발전뿐만 아니라 무병주 재배에 의한 상품 생산의 안정화로 농가소득 증대에도 크게 기여하고 있다. 조직배양기술은 이처럼 식물의 생물공학 분야에서 먼저 실용화된 기술로서 정착되어 가고 있다.

그러나 기존의 조직배양법이 직면하고 있는 가장 큰 문제는 역시 높은 생산비용이다. 이는 주로 높은 노임과 대량증식 기간동안의 증식율과 생존율의 저조, 발근 불량 및 순화과정 동안의 유식물체의 생존율 저하 등에 기인한 것이다. 그러므로 생산비를 절감시키기 위해서는 1) 기내에서 건진 식물체의 증식율을 최대한 높일 것 2) 순화과정중 생존율을 최대한 높일 것 3) 배양과정중 발생할 수 있는 생물

학적 오염에 의한 손실을 줄일 것 4) 배지의 분주 등 일련의 배양공정의 기계화 및 자동화 등을 추구하지 않으면 안된다.

본 연구에서는 현재 동양물산기업(주) 중앙기술연구소에서 연구하고 있는 조직배양을 이용한 무병주 씨마늘 대량생산을 중심으로 배양단계별 생산과정에서의 원가 구성을 분석하여 그 특성을 파악하고 향후 연구방향을 설정하고자 하는데 그 목적이 있다.

2. 마늘

가. 작물로서의 중요성

우리 나라 국민의 연간 마늘 소비량은 10kg으로서 세계에서 가장 높으며 우리 나라 농업작목중 연간 소비시장 규모가 1조원대에 이르는 대표적인 주요작물이다. 이는 다른 작물에 비하여 경쟁우위 잠재력이 높다는 것을 의미하며 종자의 개량이나 재배법의 발전이 계속되어 진다면 외국으로 종자 및 기술수출이 가능한 작물이라고 할 수 있다.

나. 마늘 재배상의 문제점

마늘은 무성번식에 의존하기 때문에 6쪽 마늘의 경우 인편 1쪽을 심어서 6쪽을 얻는 6배 증식에 그치고 있다. 결국 전체 생산량의 1/6 (저장상 문제 때문에 20% 이상이 됨)은 종자로 소비해야만 한다.

마늘 재배에서 또 한가지 문제점은 마늘의 번식은 인편을 나누어 심는 무성번식에 의하

* 동양물산기업(주) 중앙기술연구소

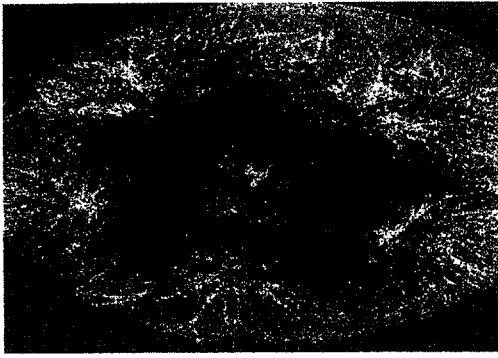


Fig. 1 Multishoots growing in a petridish

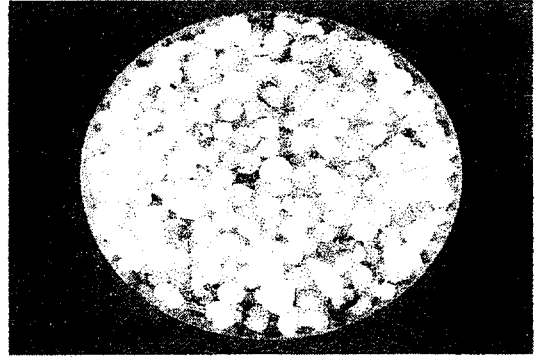


Fig. 2 Harvested microbulbs

므로 한번 모주에 바이러스병이 감염되면 이것은 모체인 종구를 통하여 다음 세대로 계속 전해지고 곤충에 의한 매개 등으로 더욱 이병도(罹病度)가 높아져 아무리 우량한 신품종이라 하더라도 전 개체가 바이러스에 감염되어 결국 폐기하여야만 하는 주된 원인이 된다. 심할 경우 생산량이 50% 이상 감소된다.

세균(bacteria), 진균(fungus) 등에 감염되면 약제에 의해 치유할 수 있으나 바이러스병을 치료하는 효과적인 약제는 아직 개발되지 않고 있으므로 조직배양기술을 이용해서 바이러스가 없는 조직을 만들어 재료로 이용하여야 한다. 실제로 일부 농가에서는 바이러스 감염이 덜 된 종자를 찾기 위해 고랭지에서 재배된 마늘을 종자로 이용하고 있는 실정이다.

다. 무병주 씨마늘 생산기술

앞서 언급한 문제점 때문에 우리 나라와 일본을 위시한 여러 나라에서 마늘의 종자를 상업적으로 생산하기 위해서 많은 노력을 기울여 왔다. 특히 일본의 경우 많은 기업체 연구소(아지노모토, 신일본제철, 쓰미토모화학

등)에서 연구를 수행하였다.

마늘 종자를 상업적으로 생산하기 위해서는 무바이러스 시료를 만들고, 만들어진 시료를 이용하여 단기간내에 다량의 식물체를 적절한 비용으로 생산하는 방법이 있어야 가능하다. 이렇게 하기 위해서는 균질의 마늘 종구가 효율적으로 증식되어야 하며, 증식된 종구를 농민이 실질적으로 이용하기 위해서는 적절한 비용으로 종자를 생산해 내야 한다.

동양물산기업(주) 중앙기술연구소가 보유하고 있는 다신초 배양법(Fig. 1)은 연간 500억 배 이상 증식이 가능하다. 또한 유전적·생리적으로 안정되며 다신초 조직을 1년이상 저장할 수 있기 때문에 시장요구에 따라 수시생산이 가능하다.

3. 씨마늘 조직배양 원가 분류

조직배양을 통하여 무병주 씨마늘을 생산함에 있어서 각종 시약, 배양접시 등 많은 물건들을 구입하게 된다. 이러한 물건들을 획득하기 위해서는 어떤 회생을 치루어야 하는데, 이와 같이 특정재화나 용역을 얻기 위해서 치

Table 1 Comparisons of tissue culture processes for pathogen-free seed garlic

Classification Process	Genetic Homogeneity	Proliferating Tissue	Multiplication Rate (folds/mo)	Limitation of Subcultures	Number of Steps
Primordium Culture	heterogeneity	none	-	-	3~4
Callus Culture	homogeneity possible	callus	4~5	limited	3~4
Sumitomo process	heterogeneity	shoot	2~5	limited	3~4
Tissue-cultured shoot Primordium	homogeneity possible	shoot primodium	2~5		3~4
TYM's multishoots	homogeneity	multishoots	10~15	semi-permanent	2

큰 회생을 原價(costs)라 한다. 즉 무병주 씨마늘의 일정량 생산을 달성하기 위해 치른 자원의 회생, 경제적 효익의 회생을 화폐단위로 측정된 것을 원가라 한다.

費用(expense)이란 무병주 씨마늘의 인도·생산 또는 용역 제공 등의 활동으로 일정 기간중 나타난 자산의 유출액·소비액 또는 부채의 발생액이다. 비용의 대표적인 예로는 賣出原價(cost of goods sold), 販賣費와 一般管理費(selling and administrative expenses)가 있다. 매출원가는 일정기간중 판매된 상품·제품의 원가 또는 제공된 용역의 원가이고, 판매비와 일반관리비는 무병주 씨마늘의 판매 또는 용역의 제공 등 판매활동에 관련된 비용과 조직배양 업체의 관리·유지에서 발생하는 비용이다.

1) 원가의 형태에 따른 분류

제품의 원가를 구성하는 요소를 원가요소(cost elements)라고 하며, 원가요소를 발생하는 형태에 따라 분류하면 재료비·노무비·경비로 나눌 수 있다. 材料費(material costs)는 무병주 씨마늘 생산에 소요되는 재료의 소비액을 말하며 재료의 소비수량에 그의 단가를 곱하여 계산한다. 따라서 재료의 매입액이 그대로 재료비가 되는 것이 아니라 소비된 재료

만이 재료비가 된다. 勞務費(labor costs)는 무병주 씨마늘을 생산하는데 소요되는 생산직의 노동력에 대해서 지급되는 노임·급료 등을 말한다. 이는 보통 작업시간 또는 제품의 산출량을 기준으로 계산한다.

經費(other manufacturing costs)는 재료비·노무비 이외의 원가요소로서 예를 들면 배양실의 전력요금·감가상각비·수선료 등이 이에 속한다. 경비는 그 발생액과 지급액을 기준으로 하여 그 소비액을 계산한다.

2) 제품에의 추적가능성에 따른 분류

어떤 원가요소가 특정 原價集積對象(cost object), 즉 제품에 대하여 직접적으로 추적될 수 있느냐 없느냐에 따라 분류한 것이다. 여기서 원가집적대상(cost object)이란 소구, 배양공정, 포장부문 등과 같이 원가를 부담하는 목적물을 의미한다.

直接費(direct costs)는 무병주 씨마늘을 생산하기 위해서 소비되어 직접적으로 그 제품의 원가로서 집계할 수 있는 원가요소를 말한다. 예를 들면 조직배양에서 주된 재료가 되는 배지재료(Agar 등)의 소비액이나 배양작업에 직접 종사한 사람의 임금 등이 이에 해당한다. 또한 만일 배양용기를 새로이 제작하기 위하여 특별히 금형비 등이 소요되었다고 하면 이것도 직접비가 된다.

Table 2. General costs formation

			판매비 및 일반관리비 (Selling and administrative expenses)	
		제조간접비 (Indirect manufacturing costs)	제조원가 (manufacturing costs)	총원가 (Total costs)
		간접노무비 (Indirect labor costs)		
		간접재료비 (Indirect material costs)		
	제조직접비 (Direct manufacturing costs)	직접비 (Direct costs)		
직접재료비 (Direct material costs)	기본원가 (Prime cost)			
직접노무비 (Direct labor costs)				

間接費(indirect costs)는 각종의 제품을 제조하는데 공통적으로 소비되어 특정의 제품에 직접적으로 집계할 수 없는 원가요소를 말한다.

4. 씨마늘 조직배양 생산공정 및 원가경향

가) 무병주 씨마늘 생산공정

국내 한지형 마늘중 단양, 의성, 서산 등의 지역종을 수집하여 소독한 후 정단을 현미경 하에서 적출하고 캘루스 유도 배지위에서 배양하여 캘루스를 유도한 후 이 캘루스를 신초(shoots) 재분화 배지에 옮겨 신초를 재분화한 다음 대량증식에 알맞은 다신초(multishoots)를 유도한다. 일단 다신초 조직이 유도되면 무한 계대배양을 통한 증식과정에 들어간다. 배양접시(petridish)안에서 자란 500여개의 신초들을 작은 신초몽치로 분할하여 다신초 증식 배지가 들어 있는 접시(dish)에 이들 신초몽치 3~4개를 치상하여 배양한다(1차배양). 이 과정을 반복하여 생산된 후 저장되었던 신초를 액상의 신초 신장용 배지에 치상하여 구형성 준비를 갖춘다(2차배양). 신초가 일정크기로 신장하면 액상의 구형성배지를 추가하여

소구(microbulbs)를 생산하게 된다(3차배양). 이렇게 생산된 소구는 토양재배를 통해 중구(minibulb)가 생산된다.

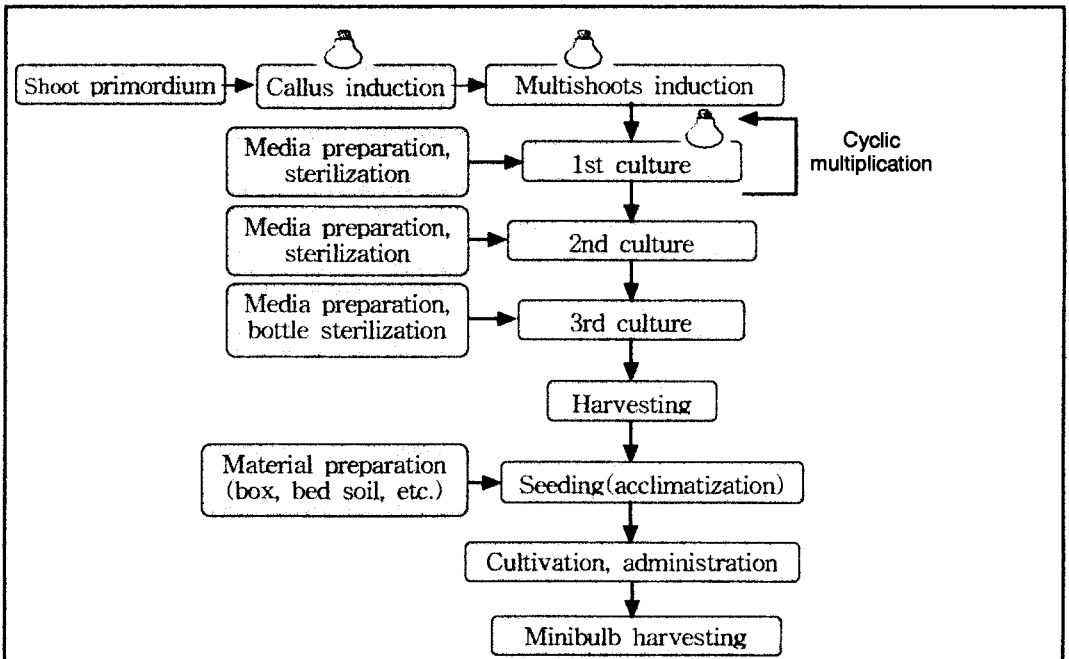
다신초 배양법의 특징은 캘루스에서 유도된 신초를 배양하여 획득된 다신초(100여개의 신초가 모인 신초 덩어리)를 무한으로 대량증식시키는 것이다. 이 조직배양방법의 장점은 다음과 같다. 1) 높은 증식율(10배/월) 2) 무한 계대배양이 가능하므로 유전적으로 동일한 품질의 무병주 씨마늘을 대량으로 생산할 수 있다. 3) 배양접시당 신초수가 약 500개이다.

나) 무병주 씨마늘 조직배양 원가경향

모든 경제활동의 경영자는 생산요소를 합리적으로 결합시켜 생산물을 생산하여 순소득을 최대화시킴을 목적으로 한다. 그러므로 경영자는 좋은 성과를 획득하기 위하여 그 경영을 명확히 파악하고 분석할 필요가 있다. 조직배양 원가경향 분석은 조직배양을 통한 경영활동의 실태나 결과를 명확히 하고 장래의 합리적인 경영활동을 위한 관련자료를 수집, 정리, 분석, 평가하는 단계를 말한다. 이와 같이 하여 얻어진 원가경향의 자료는 급변하는 환경에 적용할 수 있는 경영계획의 기초자료로 이용된다.

무병주 씨마늘 대량증식기술중 조직배양 기

Fig. 3 Total production process of pathogen-free seed garlic



술의 발전단계에 따라 조직배양 소구의 제조 원가를 재료비, 노무비, 경비로 분류하여 원가의 특성을 분석하였다. 이중 재료비에는 배지 비용, 배양용기 비용이 포함되어 있으며 경비는 주로 전력비로 구성되어 있다.

초기의 무병주 씨마늘 조직배양과정은 고체 배지를 이용한 명배양과정(S-L)이었다. 이후 원가절감을 위한 연구가 계속되면서 액체배지를 이용한 명배양(L-L), 액체배지를 이용한 암배양(L-D)으로 발전하게 되었다.

2차배양과 3차배양은 동일한 배양용기내에서 이루어지는 공정으로서 최초에는 2, 3차배양의 구분이 없었으나 액체배양법이 적용되면서 더 크고 품질이 우수한 소구를 생산하기 위하여 나누어 실시하게 되었다.

Fig. 4는 배양과정의 발전단계별로 1, 2, 3차 배양이 차지하는 원가의 비중을 초기의 S-L배양법 기준으로 나타낸 것이다. 초기의 S-L배양법에 비하여 L-D배양법은 암배양법이 적용됨에 따라 전력비가 대폭 절감되고 Agar구입비용이 줄어들므로써 전체적으로 조직배양 소구의 제조원가가 S-L배양법 대비 약 65% 수준으로 낮아질 수 있었다.

1차배양과 3차배양의 배양기간은 각 4주와 6주로서 배양실을 점유하는 기간이 상대적으로 길기 때문에 원가발생효과가 큰 공정이다.

그러나 1차배양은 다신초를 증식하는 공정으로서 다신초의 증식비율이 높기 때문에 1인이 하루에 생산할 수 있는 다신초의 수가 약 15만개 수준에 이르므로 전체 조직배양 원가 중 차지하는 비중이 낮아질 수 있었다.

일반적으로 조직배양의 최종 공정은 증식된 식물체를 배양용기 밖으로 꺼내어 사용할 수 있도록 식물체의 크기를 크고 충실하게 하는

<Table 3> Component ratio of costs according to tissue culture process and steps

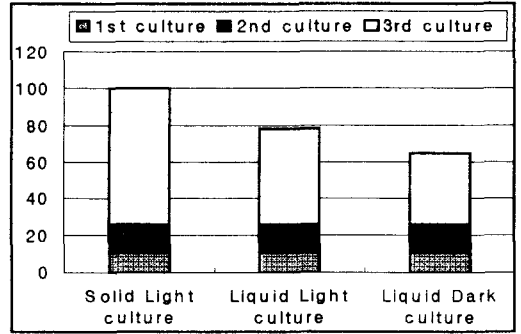


Fig. 4 Cost down effect by process improvement of tissue culture

공정이 되게 된다. 이 공정에서는 식물체의 개체수가 증가되지 않으므로 공정중 발생하는 원가가 그대로 개당 식물체 각각에 반영되기 때문에 원가비중이 높아지게 된다. 본 연구에 있어서도 S-L배양법에서 3차배양 공정의 원가가 총 배양원가의 약 74%를 차지하고 있었으며 1차배양에서 다신초 증식 효율이 실용적 수준으로 달성된 이후 원가절감을 위한 주된 연구의 대상이 3차배양공정이 되었다.

Table 3은 S-L, L-L, L-D배양법에서 1, 2, 3차배양의 원가를 재료비, 노무비, 경비의 형태로 나누어 분석한 표이다.

전체적으로 각 공정에서 노무비는 약 42%에서 81%까지 차지하고 있으며 재료비는 약 12%에서 34%, 경비(전력비)는 약 3%에서 26%까지 차지하고 있었다. 따라서 지속적인 Cost down을 위해서는 노무비의 절감이 가장 중요한 요인이며 이를 위해서는 작업방법의 개선, 공정의 표준화, 작업의 기계화, 작업의 자동화 등이 주된 해결방법이 될 것이다.

경비에 포함될 수 있는 원가의 대상으로는

Process		Solid culture	Liquid culture	
		Light	Light	Dark
1st culture	material costs	11.6%		
	labor costs *	80.5%	←	←
	other manufacturing costs	7.9%		
2nd culture	material costs			33.95%
	labor costs *	→	→	60.96%
	other manufacturing costs			5.08%
3rd culture	material costs	20.6%	22.6%	30.5%
	labor costs *	58.9%	48.2%	65.0%
	other manufacturing costs	20.6%	29.2%	4.6%

* including media preparation & sterilisation, washing up, intern transport, production, etc

전력비 및 수선비 등이 있으며 이중 대부분을 차지하고 있는 것은 전력비이다. 특히 조직배양에서는 일정한 온도조건과 광조건을 유지하여야 하는데 광조건이 밝아지면 부수적으로 열의 발생이 증가하게 되어 냉방부하가 상승적으로 커지게 된다. L-L배양법과 L-D배양법을 비교하면 배양선반의 형광등을 제거함으로써 3차배양 원가중 전력비가 차지하는 비중이 29.2%에서 4.6%로 낮아질 수 있었다.

재료비를 구성하고 있는 원가요인으로는 배양용기 구입비, 배지를 제조할 때 필요한 각종 물질구입비 등의 비용이 있으며 이중 특히 Agar의 비중이 각 공정의 배지재료비중 25~50%를 차지하고 있다. S-L배양법과 L-L배양법의 3차공정을 비교하면 재료비의 비중이 각 20.59%와 22.59%이었으나 그 절대액으로 비교하면 Agar를 사용하는 고체배양에 비해서 Agar를 사용하지 않는 액체배양의 재료비가 약 25% 절감되었다.

또 Agar를 사용할 경우 배지 자체가 끈끈하고 온도에 따라 액체와 고체로 상태가 변화하기 때문에 작업효율이 떨어지게 된다. S-L배양과 L-L배양의 3차배양공정을 비교하면 노무비의 비중이 각 58.85%, 48.21%로서 액체배양에서 노무비의 비중이 낮아지며 절대액으로 비교하면 노무비가 42% 절감되었다. 따라서 조직배양과정에서 일반적으로 사용되고 있는 고체배양법을 액체배양법으로 개선했을 경우 통상, 재료비는 약 25%, 노무비는 약 42% 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 요약 및 결론

식물의 조직배양기술은 국내에서도 화훼종묘생산 등의 분야에서 우량한 종묘, 종구를 생산하기 위하여 실용화되고 있는 기술이나 아직도 노지생산에 비하여 생산원가가 높은 문제점을 갖고 있다. 조직배양의 원가를 낮추기 위해서는 조직배양하는 식물체 자체의 증식율을 우선 높이는 것이 중요하나 동시에 생산시스템을 개선하고 자동화 방법을 도입하는 것도 중요하다. 본 연구에서는 동양물산기업(주) 중앙기술연구소에서 개발한 무병주 씨마늘의 대량증식기술의 발전단계에 따른 원가의 구성과 경향을 분석하였으며 이를 통해 생산시스템의 개선효과를 평가하고 향후의 원가절감 방향을 확립하고자 하였다.

1. 고체배지를 이용한 명배양법을 액체배지를 이용한 암배양법으로 개선함으로써 조직배

양 소구의 제조원가를 65%수준으로 낮출 수 있었다.

2. 일반적으로 무병주 씨마늘의 조직배양 공정원가에서 노무비는 42%에서 81%의 비중을 차지하고 있으며 재료비는 12%~34%, 경비(전력비)는 3%~26%의 비중을 차지하고 있으며 지속적인 Cost down을 위해서는 노무비를 줄일 수 있는 방법이 반드시 필요하다.

3. 조직배양과정을 명배양에서 암배양으로 개선함으로써 경비(전력비)의 공정원가중 차지하는 비중을 약 26%에서 3% 수준으로 낮출 수 있었다.

4. 고체배지를 액체배지로 개선함으로써 재료비를 약 25% 절감할 수 있었으며 3차배양의 노무비는 42% 절감할 수 있었다.

5. 조직배양에서 유식물체의 제조원가를 낮추기 위해서는 우선 유식물체의 증식효율을 극대화해야 하며 다음은 유식물체의 성숙도를 높이는 최종 공정의 원가를 낮추는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

1. 김성기. 1991. 현대관리회계. 다산출판사
2. 강영복. 1989. 재무분석과 사업성 검토. 조세통람사
3. 정재동외. 1995. 최신생물공학. 경북대출판부
4. 김주학, 정경호, 신상훈. 1994. 조직배양기술을 이용한 무병주 시마늘의 급속대량생산방법. 한국원예학회 1994년 논문발표요지 12(2)
5. Joo-Hag Kim. 1996. Development of a new process for mass-production of virus-free seed bulbs of garlic(*Allium sativum* L.) through plant tissue culture technique. International symposium on practical plant factories toward the 21th century. 119-128
6. P. C. Debergh and R. H. Zimmerman. 1991. Micropropagation technology & application. Kluwer academic publishers
7. R. H. Zimmerman, R. J. Griesbach, F. A. Hammerschlag, R. H. Lawson. 1985. Tissue culture as a plant production system for horticultural crops. Martinus nijhoff publishers.
8. Anderson WC, Meagher GW, Nelson AG. 1977. Cost of propagating broccoli plants through tissue culture. HortScience 12(6):543-544