

## 무 藥培養에 의한 植物體 誘起

尹汝重\* 安春姬\*\* 尹禾模\*\*\*

\* 吳尹 바이오텍  
\*\* 新丘專門大學 園藝科  
\*\*\* 培材大學校 園藝學科

### Induction of Plants through Anther Culture of Radish

Yeo-Joong Yoon\* Chun-Hee Ahn\*\* Wha-Mo Yoon\*\*\*

*\*OH-YOON Biotech.*

*\*\*Dept. of Horticulture, Shin Gu Junior College*

*\*\*\*Dept. of Horticulture, Pai Chai University*

國內 시관 F<sub>1</sub> 4品種과 日本 시관종 1品種을 이용하여 무 藥培養을 實施하였다. 무 藥培養에 적합한 培地 및 積정 前處理 및 置床後 처리 조건을 究明하기 위하여 4℃ 前處理 및 置床 後 35℃ 처리를 병행처리 또는 단독처리하여 藥培養에 미치는 影響을 調査하였고, 積정 時상을 결정하고자 藥을 時상하는 시기에 따른 胚發生率을 調査하였다. 이상의 實驗 結果를 요약하면 다음과 같다.

1. 무 藥培養은 아직까지는 品種間 胚發生率의 차이가 두드러지게 나타나고 있어 태백의 경우는 胚發生이 잘 되는 品種으로 밝혀졌고, 胚發生率은 태백, 백자, 그리고 日本 品種인 대청 및 박달의 순으로 좋았다.
2. 培地는 N/N 培地를 基本培地로하고 호르몬을 NAA 0.1 mg/l 와 BAP 0.05mg/l 첨가한 배지가 胚發生에 가장 效果의이었다.
3. 그러나 培地間 胚發生率 차이는 4℃ 前處理에 影響을 받아 胚發生率이 다르게 나타나는 것으로 나타났다.

Five F<sub>1</sub> hybrids of radish (*Raphanus sativus* L.) were used in the study for induction of microspore derived embryos. Anthers from the mid-uninucleate to early bicellular stage were inoculated on the modified B5 medium and modified Nitch-Nitch medium supplemented with several growth regulators. The efficiency of anther culture was dependent on the genotype of donor plants and we obtained various culture efficiency from different genotypes. Induction of embryos from microspore was best result on Nitsch-Nitsch media supplemented with 0.1mg/l NAA and 0.05mg/l BAP. Heat treatment of anthers at 35℃ -2days and combined with pretreatment of 4℃ for 2, 8, 12 and 16days. Among the treatments, 35℃ -2 days treatment combined with 4℃ -2days pretreatment treatment were the most effective in developing embryos from microspores.

**Keywords :** Radish variety, Anther culture, Embryo induction

## 緒 言

무는 우리나라 4대 菜蔬中の 하나로<sup>8)</sup> 김치재료로서 없어서는 안될 귀중한 菜蔬이며 배추 다음으로 生産量이 많은 채소이다<sup>12)</sup>. 그러나 무는 세계적으로 이용범위가 적어 다른 十字花科 作物에 비하여 研究 報告된 결과가 비교적 적고 연구도 그다지 활발하게 진행되어 있지 못하며, 특히 生命工學的方法의 利用이나 組織培養 分野에서는 연구결과가 매우 不足한 편이다. 무에 대한 연구보고는 배추와 무間의 屬間雜種 植物의 生産 및 有用遺傳子을 利用하기 위하여 배추, 무 속간 잡종의 미숙배를 배양하는 胚培養<sup>1, 3, 4)</sup>이 널리 이용되어 왔고, 原形質體培養<sup>7)</sup>이 약간 보고된바 있다. 育種의 補助手段으로 귀중한 育種材料의 損失을 막기 위하여 腋芽培養이 이루어지고 있으나 실질적으로 육종에는 그다지 활발하게 利用되지 못하고 있는 실정이다. 또한 상기와 같은 연구는 무 單獨培養 보다는 주로 배추 육종의 補助手段으로 이용되어 왔는데, 이는 무가 形態의으로 지하부가 특히 肥大 發達된 作物<sup>13)</sup>로 器內培養에 어려움이 있기 때문인 것으로 생각된다.

그러나 앞에서 언급한바와 같이 무는 배추 못지 않은 중요성을 차지하고 있는 菜蔬로 우리나라에서는 看過할 수 없는 作物이다. 무 組織培養에 대한 研究는 극히 적어서 Paek 等<sup>14)</sup>에 의하여 大量繁殖에 관한 연구가 보고되었고, 藥培養에 관한 研究는 西貞夫 等<sup>11)</sup>에 의하여 보고된 바 있으나 藥으로부터 callus만을 獲得하였고 植物體는 얻지 못하였다. 그러던 차 1987년 Lee와 Yoon<sup>9)</sup>에 의하여 배추 x 무의 屬間雜種 植物의 藥培養에서 다수의 pollen 由來 植物體를 獲得한 보고가 있으며, 그외에 1990년 宋 和 金<sup>15)</sup>에 의하여 Brassica 屬의 藥培養에 주로 이용되는 Keller 等<sup>6)</sup>의 B5 變形培地를 이용하여 무 藥培養에 의하여 胚狀體를 얻을 수 있었다고 한다.

本 實驗은 무 藥培養에 適合한 培地를 찾고 호르몬의 濃度를 究明하며, 胚發生에 적합한 高溫 및 低溫 處理 期間을 究明하며, 약유래 식물체의 특성

을 조사하여 차후 藥培養法을 무 育種에 보다 원활하게 利用할 수 있는 體系를 確立하고자 實施하였다.

## 材料 및 方法

市販 F<sub>1</sub> 태백 외 4品種(표 1)을 1월 23일 播種하여 自然狀態에서 低溫感應시켜 花芽分化 시킨 후 30cm plastic 화분에 옮겨 溫室에서 開花 시켰으며, 花芽分化에 低溫 要求度가 높아 추대 및 개화가 불량한 개체는 grow light bulb 75 Watte 전등을 坪當 2개씩 地上 1m 높이로 설치, 照明하여 추대 및 개화를 촉진 시켰다. 試料의 採取는 全個體가 80% 이상 개화하는 4月 부터 5月에 걸쳐 試料를 採取하여 置床하였다. 화되는 置床 당일에 70% ethanol에 30초간 表面殺菌하고 4.2% calcium hypochloride 水溶液에 5分間 浸漬한 후 滅菌水로 4회 水洗하여 87 x 15 mm petri dish에 30藥씩 置床하였다.

Table 1. Materials used for anther culture of radish (*Raphanus sativus* L.)

Breeding Number	Varieties
R40	TAE BAEK
R41	BAEK JA
R42	BAK DAL
R43	DAE CHUNG
R44	SHIN PAL JOO

置床된 藥의 pollen stage는 初期 1核期 부터 初期 2核期까지 비교적 成熟한 藥을 이용하였고, 反復되는 실험을 위하여는 藥의 外形의 特徵, 즉 藥에 대하여 花瓣의 길이가 3/4 에서 2/4정도, 도달한 藥을 解剖顯微鏡으로 觀察하면서 置床하였다.

胚發生을 促進하기 위하여 置床 前 低溫(4℃) 處理와 치상 後 高溫(35℃) 處理를 並行 處理, 또는 置床後 高溫만 單獨 處理하여 胚發生에 미치는 影響을 調査

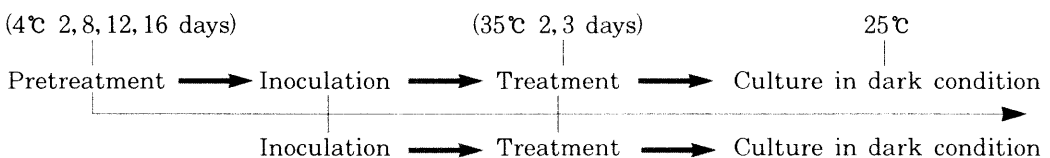


Fig 1. Diagram of experimental process for anther culture of radish (*Raphanus sativus* L.)

Table 2. Composition of medium for anther culture of radish(*Raphanus sativus* L.).

Chemicals	Mod-B5	Mod-N/N	Mod-MS
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	150 (mg/L)	- (mg/L)	- (mg/L)
KNO <sub>3</sub>	2500	950	1900
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	134	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	720	1650
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	250	185	370
CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	750	166	440
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	68	170
MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	10	25	22.3
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	3	10	6.2
ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	2	10	8.6
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	0.25	0.25	0.25
CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.025	0.025	0.025
CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.025	0.025	0.025
KI	0.83	0.75	0.83
Nicotinic acid	1	5	1
Thiamine hydrochloride	10	0.5	10
Pyridoxine hydrochloride	1	0.5	1
Folic acid	-	0.5	-
Biotin	-	0.05	-
Glycine	-	2.0	-
Myo - Inositol	100	100	100
Fe-EDTA	57.14	50	40
Glutamine	800	800	-
L-Serine	100	100	-
Sucrose	10(%)	13(%)	3(%)

하였다. 低溫 前處理는 2日, 8日, 12日, 16日로 區分하여 置床 하였고, 35℃ 處理는 豫備實驗 結果 가장 胚發生率이 좋았던 2日로 固定하여 처리하였 으며, 배양과정은 그림 1과 같다.

藥培養에서 培地는 基本培地를 B5<sup>2)</sup>와 N/N<sup>10)</sup> 2 가지를 이용하였으며, B5 培地는 Keller 等<sup>6)</sup> 이 Brassica屬 作物의 약배양에 사용한 變形 B5 배지 (표 2)를 이용하였고, N/N 배지는 基本培地에서 FeSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O 와 Na<sub>2</sub> · EDTA를 제외시키는 대신 Fe-EDTA 50mg/L를 添加하였고, 그외에 小孢子 由來 胚發生을 촉진하기 위하여 Glutamine 800mg/L, L-Serine 100mg/L를 添加하였다(표 2). 배지내 植物生長호르몬의 첨가는 2,4-D, NAA 組合과 NAA, BAP 組合으로, 두가지 호르 몬을 동시에 첨가하였다(표 3). 또한 sucrose의 濃度는 基本培地에 따라 B5 培地는 10%, N/N 培地는 13%를 첨가하였다(표 3).

Table 3. Combination of medium and growth regulators for anther culture of radish (*Raphanus sativus* L.)

Medium No.	Basic medium	Growth regulator <sup>(mg/L)</sup>			Concentration of Sucrose(%)
		2,4-D	NAA	BAP	
NO1	B5 Modify	1.0	1.0	-	10
NO2	N/N "	-	0.1	0.05	13
NO3	B5 "	-	0.1	0.05	10
NO2L*	N/N "	-	0.1	0.05	13
NO3L*	B5 "	-	0.1	0.05	10
R1	B5 "	-	-	-	3
R2	MS "	-	0.02	1.0	3
R3	MS "	-	0.02	-	3
Verm.	MS "	-	0.02	-	3

\*Liquid medium

置床 約 15여일 後 胚가 發生된 葯은(사진 1) 胚의 生長을 돕기 위하여 B5變形培地에 호르몬을 첨가하지 않은 R1 배지(표 3)에 치상하여 胚의 生長을 도왔고(사진 2), 비정상 개체의 정상 식물체로의 유도 및 mutiple shoot 유기는 Keller 등<sup>5)</sup>이 Brassica 屬 작물의 약배양에서 이용한 변형 MS(표 2)에 NAA 0.02mg/L + BAP 1mg/L 첨가한 R2 배지에 치상하였다. 發根은 변형 MS배지(표 2)에 BAP를 빼고 NAA만 0.02mg/L 첨가한 R3 培地(표 3)에 옮겨 發根(사진 3)시켰다. 發根이 完了된 個體는 1차 馴化 과정으로 R3 배지에 vermiculite를 支持物로 이용하여 조제한 Verm. 배지(표 3)에서 예비 순화를 거친후 서서히 연결 pot로 이식하여 순화 完了하였다(사진 4).

葯由來 植物體의 特性 및 自家 不和合性 및 自殖 및 他家 受精은 馴化完了하여 4月에서 5月에 걸쳐 비닐하우스에 定植하였다.

## 結課 및 考察

무 葯은 置床後 約 15日이 經過하면서 葯壁을 해치고 胚가 발생되기 시작하여 약 4週 정도 지속되다 정지하였다. 이는 고추<sup>16)</sup>가 置床後 35日 정도 經過한 후 부터 胚發生을 觀察할 수 있고, 約 3個月 이상 지속적인 배발생을 보이는 것과는 달리, 무의 胚發生양상은 置床에서부터 반응을 보이는 胚發生 期間도 짧고

Table 4. Effect of varieties on embryo induction in anther culture of radish (*Raphanus sativus* L.).

Varie-ties	No. of anthers inoculated(A)	No. of producing embryos(B)	B/A (%)
R40	3510	35	1.00
R41	2520	17	0.67
R42	1380	1	0.07
R43	1200	2	0.17
R44	900	0	0.00
R45	900	0	0.00
TOTAL	10410	55	0.53

胚發生 日數도 2-3일간 집중적으로 발생되다 정지하는 경향을 보였다.

品種間 胚發生率은 母本의 遺傳子型에 따라 胚發生率이 크게 影響을 받는 것으로 나타났다. R40

(태백무)은 胚發生이 가장 잘되는 品種으로 溫度處理 範圍와 培地에 있어서 넓게 반응을 보여 주었고(표 4) 反復되는 실험에서 고르게 胚發生을 보였다. 그러나 다른 品種은 胚發生에 반응하는 범위가 아주 좁은것으로 보이고, 때로는 胚發生 critical point를 하나라도 맞추지 못할 경우 胚를 얻을 수 없는 結果를 招來하였다.

B5와 N/N배지를 基本培地로 하여 葯培養 하였을때 基本培地間의 培養效率의 차이는 두드러지게 나타나지 않았으나 대체적으로 N/N 培地를 基本培地로한 NO<sub>2</sub>培地와 NO<sub>2</sub>L 培地가 胚發生에 보다 效果的인 것으로 나타났다(표 5). 무의 葯培養에서 호르몬의 添加는 高濃度 보다는 低濃度 處理가 効果적인 것으로 나타났고, 全 培地 공히 NAA 0.1mg/L 에 BAP 0.05mg/L 添加區에서 胚發生率이 좋았다. 특히 N/N 培地를 基本培地로 하여 NAA 0.1mg/L, BAP 0.05mg/L 添加된 NO<sub>2</sub> 培地에서 가장 좋은 胚發生率을 보였다(표 5). 그러나 이러한 培地間 胚發生 차이는

Table 5. Effect of medium on embryo induction in anther culture of radish (*Raphanus sativus* L.)

Medium No.	No. of anthers inoculated(A)	No. of producing embryos(B)	B/A (%)
NO1	1800	7	0.39
NO2	2100	22	1.05
NO3	2010	9	0.45
NO2L*	2490	12	0.48
NO3L*	2010	5	0.25
TOTAL	10410	55	0.53

\* Liquid medium

品種에 따라 또 置床 前 處理에 따라 影響을 받는 것으로 나타나, 置床하는 培地와 品種 그리고 溫度處理가 胚發生에 相互 關聯이 있는 것으로 보인다.

35℃ 高溫處理는 豫備實驗 結果 無處理, 2日 처리, 3日 처리 中 2日 처리구에서만 胚發生을 보여 주었고, 本 實驗에서도 3일 처리구에서는 배발생을 관찰할 수 없었으므로 置床後 高溫處理 實驗은 치상직후 35℃ 2일로 고정하여 실시하였다. 4℃ 前處理 實驗은 無處理區, 2日 처리구, 3日 처리구, 12日 처리구 및 16日 처리구로 하였을 때, 胚發生이 관찰된 試驗區는 低溫 무처리구, 즉 35℃ 單獨

처리구와, 低溫 2日 및 12日 處理區에서만 胚發生을 관찰 할 수 있었다. 그러나 이들 低溫 無處理 및 低溫處理日數에 따른 胚發生率의 差異는 두드러지지 않았다(표 6).

Table 6. Effect of temperature on embryo induction in anther culture of radish(*Raphanus sativus* L.).

Treatment	No. of anthers inoculated (A)	No. of producing embryos (B)	B/A (%)
35℃- 2D	4350	27	0.62
35℃- 3D	360	0	0.00
4℃-2D -35℃-2D	3600	21	0.58
4℃-8D -35℃-2D	300	0	0.00
4℃-12D-35℃-2D	1020	7	0.68
4℃-16D-35℃-2D	780	0	0.00
TOTAL	10410	55	0.53

D : days

그러나 이들 低溫 前處理 및 置床後 高溫處理가 胚發生에 미치는 영향은 品種別, 培地別, 低溫處理

日數에 따라 살펴보면 매우 樣相이 다르게 나타나는데, 먼저 태백(R40)은 胚發生이 잘되는 品種으로 NO1, NO2, NO3培地 모두에서 反應을 보였고, NO2배지와 NO3배지를 液體化한 培地에서도 反應을 보여 주었다. 태백품종에서는 溫度處理도 비교적 그 反應 폭이 넓어 35℃ 單獨處理에서 부터 4℃ 12日 처리구까지 反應을 보였고, 가장 胚發生率이 높았던 區는 4℃로 2일간 前處理하고 置床後에 35℃를 2日 처리한 구와, 4℃ 12日 前處理하고, 置床後 35℃ 2일 處理한 區에서 각각 4%의 胚發生率을 보여주었다. 여기서 주목할 만한 점은 35℃ 單獨處理는 특정 培地(표 7)에서만 배발생을 관찰할 수 있으나, 4℃ 전처리 와 35℃ 高溫을 組合處理한 區는 培地에 크게 影響을 받지않고 고르게 胚發生을 보이고 있었다(표 7).

백자무(R41)는 胚가 發生되는 범위가 아주 좁아 호르몬의 濃度を 높인 NO1培地에서는 어느 처리에서도 反應을 보이지 않았으나, 호르몬의 濃度を BAP 0.05와 NAA 0.1mg/L 처리한 NO2와 NO3 培地에서 反應을 보였다. NO2 培地에서는 35℃ 單獨 處理區에서만 6.67%의 높은 胚發生率을 보였고, NO3 培地를 사용한 경우는 4℃ 2일 前處

Table 7. Effect of medium and temperature on embryo induction in anther culture of Tae Baek radish(*Raphanus sativus* L.).

Medium No.	Treatment	No. of anthers inoculated (A)	No. of producing embryos (B)	B/A (%)
NO1	35℃-2D	150	0	0.00
N01	4℃-2D -35℃-2D	150	6	4.00
NO2	35℃-2D	300	8	2.67
NO2	35℃-3D	150	0	0.00
N02	4℃-2D -35℃-2D	150	3	2.00
NO3	35℃-2D	150	0	0.00
NO3	35℃-3D	210	0	0.00
NO3	4℃-2D -35℃-2D	150	2	1.33
NO2L	35℃-2D	900	5	0.56
NO2L	4℃-2D -35℃-2D	150	0	0.00
NO2L	4℃-12D-34℃-2D	150	6	4.00
NO2L	4℃-16D-35℃-2D	150	0	0.00
NO3L	35℃-2D	300	1	0.33
NO3L	4℃-2D -35℃-2D	150	3	2.00
NO3L	4℃-12D-35℃-2D	150	1	0.67
NO3L	4℃-16D-35℃-2D	150	0	0.00
TOTAL		3510	35	1.00

D : days, L : Liquid medium

Table 8. Effect of varieties, medium and temperature on embryo induction in anther culture of Bae Ja radish (*Raphanus sativus* L.).

Medium No.	Treatment	No. of anthers inoculated (A)	No. of producing embryos (B)	B/A (%)
NO1	35°C-2D	150	0	0.00
NO1	4°C-2D -35°C-2D	150	0	0.00
NO2	35°C-2D	150	10	6.67
NO2	4°C-2D -35°C-2D	150	0	0.00
NO3	35°C-2D	150	0	0.00
NO3	4°C-2D -35°C-2D	150	6	4.00
NO2L	35°C-2D	150	0	0.00
NO2L	4°C-2D -35°C-2D	150	1	0.67
NO2L	4°C-8D -35°C-2D	150	0	0.00
NO2L	4°C-12D -34°C-2D	120	0	0.00
NO2L	4°C-16D -35°C-2D	150	0	0.00
NO3L	35°C-2D	150	0	0.00
NO3L	4°C-2D -34°C-2D	150	0	0.00
NO3L	4°C-8D -35°C-2D	150	0	0.00
NO3L	4°C-12D -34°C-2D	300	0	0.00
NO3L	4°C-16D -35°C-2D	150	0	0.00
TOTAL	2520	17	0.67	

D : days, L : medium

理後 35°C 2일 처리한 구에서 4%의 배발생율을 보였으나, 액체 배지에서는 저조한 반응을 보였다. (표8).

모본의 재배환경 및 置床時期에 따른 胚發生率의 차이 또한 여러 작물에서 보고된 바 있는데<sup>6,15)</sup>, 본 실험에서도 4월과 5월에 置床하여 본 결과, 全品

種 공히 4월 置床 區에서 배발생율이 높았고, 5월 置床區에서는 매우 低調한 胚發生率을 보이는 것으로 나타났는데, 무는 호냉성 菜蔬로서 低溫에 감응하여 어느정도 성장하다 온도가 높아지고 장일이 되면서 부터 추대가 촉진됨은 물론이고, 추대와 함

Table 9. Effect of inoculated date on embryo induction in anther culture of radish (*Raphanus sativus* L.).

Varieties	Month inoculated	No. of anthers inoculated (A)	No. of producing embryos (B)	B/A (%)
R40	April	1410	19	1.35
	May	2100	16	0.75
SUB-TOTAL		3510	35	1.00
R41	April	900	16	1.78
	May	1620	1	0.06
SUB-TOTAL		2520	17	0.67
R42	April	900	1	0.11
	May	480	0	0.00
SUB-TOTAL		1380	1	0.07
R43	April	900	2	0.22
	May	300	0	0.00
SUB-TOTAL		1200	2	0.17
TOTAL	April	4110	38	0.92
	May	4500	17	0.38

계 營養生長은 중지한 상태로 그 시점부터 母本의 영양상태는 아주 저조한 조건으로 전환된다. 또한 4월에서 5월로 전이되면서 온실내 온도는 급격히 올라가게 되므로 모본은 3월 하순경에 開花한 이후 4월이 화퇴 採取가 가장 적당하고 건강한 상태를 유지하지만 5월로 접어들면서 모본의 상태는 극도로 쇠약해지는 경과를 나타내어 모본의 상태에 따라서 胚發生이 좌우 되는 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Been, C.G. and H.G. Park 1984. Application of ovule culture to production of intergeneric hybrids between *Brassica* and *Raphanus*. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 25: 100-108
2. Gamborg, O. L., R. A. Miller and K. Ojima. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. Exp. Cell Res. 50: 151 - 158.
3. Harn, C. Y. and B. K. Lee. 1962. Cytogenetical studies on the intergeneric hybrids of *Brassica pekinensis* and *Raphanus sativus*. Kor. J. Bot. 3 : 21-24.
4. Karpenchenko, G. D. 1924. Hybrids of *Raphanus sativus* L. x *Brassica oleracea* L. J. Genet. 14:375-396.
5. Keller, W. A. and K. C. Armstrong. 1977. Embryogenesis and plant regeneration in *Brassica napus* anther cultures. Can. J. Bot. 55, 1383- 1388.
6. Keller, W. A. 1984. Anther culture of *Brassica*. pp. 302-309. In : I. K. Vasil (ed.). Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants. Vol. I. Academic Press.
7. 李炳基, 殷種旋, 高正愛, 韓光洙. 1985. 菜蔬類의 原形質體融合에 關한 研究. Korean J. Plant Tissue Cult. Vol. 12, No. 2 : 17-27.
8. 李炳駟, 文源. 1990. 園藝學(I) 韓國放送通信大學 pp.318-332.
9. Lee, S. S. and Y. J. Yoon. 1987. Anther culture of x *Brassicoraphanus*. Crucifereae Newsletter 12:68-69.
10. Nitsch, J. P. and C. Nitsch. 1969. Haploid plants from pollen grains. Science. 163:85-87.
11. 西貞夫, 大澤勝次, 豊田努 : 1974. やく培養の 利用に關する研究 I, 數種野菜やくからのカルス形成と植物體誘起, 野菜試報, A 1: 1-40, 1974.
12. 農村振興廳 園藝試驗場. 1989. 園藝作物 生産과 研究의 國內外 動向 pp.17-25.
13. 農業技術大系 野菜編 社團法人 農山漁村文化協會
14. Paek, K. Y., S. F. Chandler and T.A. Thorpe : Micropropagation of *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* (Japanese radish) cv. Gunjung, Plant Cell, Tissue and Organ Culture 9: 159-165, 1987.
15. 宋鎮水, 金丞鎮. 1990. 무 藥培養에 있어서 小胞子 由來의 胚狀體 誘起에 關한 研究. 芝潭 李炳基 教授 回甲記念 論文集. pp. 167-174.
16. 尹汝重, 李光植, 張相根. 1991. 고추 藥培養에 의 한 植物體 誘起. 韓園誌 32(1) : 8-16.

## EXPLANATIONS of PHOTOGRAPHS

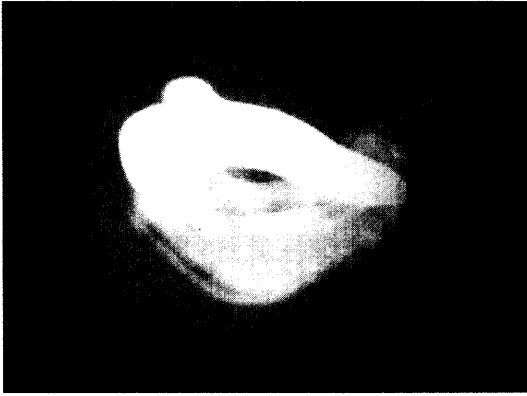


Photo 1. Anther-derived embryos of radish (*Raphanus sativus* L.)

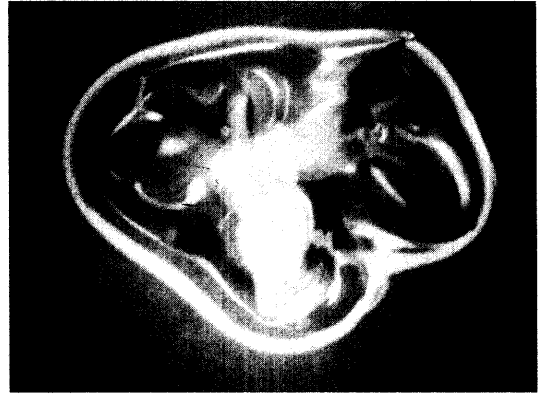


Photo 2. Differentiation of shoots and radicles on R1 medium.

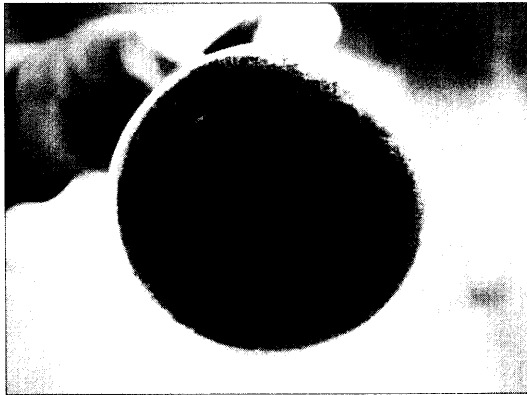


Photo 3. Differentiation of normal roots on R3 medium.



Photo 4. Hardened anther-derived normal plants of radish (*Raphanus sativus* L.)