

## 양앵두 왜성대목 ‘Gisela 5’의 기내번식을 위한 정단배양조건의 최적화

쉬첸핑 · 강인규 · 김창길 · 한중술 · 최 철

### Optimization of apical tip culture condition for *In Vitro* propagation of ‘Gisela 5’ dwarf cherry rootstock

Junping Xu · In-Kyu Kang · Chang Kil Kim · Jeung-Sul Han · Cheol Choi

Received: 5 March 2015 / Revised: 14 March 2015 / Accepted: 14 March 2015  
© Korean Society for Plant Biotechnology

**Abstract** Based on the results in this study, here we propose a systematic micropropagation process for ‘Gisela 5’ that is one of the important dwarfing cherry rootstocks. When the apical tips detached from newly developed shoot in spring season were cultured on the half strength MS media with 0.5 mg/L IBA and 0.5 ~ 1.0 mg/L BA, the cultures scored the highest acquisition rate at 90% for normal shoot with vigorous growth and without hyperhydricity. As next step, the young shoots maintained *in vitro* well multiplied on the full strength MS medium supplemented with 0.5 mg/L IBA and 0.5 mg/L BA, in which multiplication rate was approximately nine-fold. Given the half strength MS medium containing 2.0 mg/L IBA, each transplanted shoot further developed robust roots. Finally, the plantlets were easily acclimatized in the compost consisted of vermiculite, perlite, and peatmoss in the proportion of 1:1:1. We expect that the results are useful for cherry cultivation and its rootstock production.

**Keywords** Cherry, Rootstock, Dwarf, Gisela 5, Micro-propagation

J. Xu · I.-K. Kang · C. K. Kim · J.-S. Han · C. Choi (✉)  
경북대학교 농업생명과학대학원 원예과학과  
(Department of Horticultural Science, College of Agriculture & Life Sciences, Kyungpook National University, 80 Daehakro, Bukgu, Daegu 702-701, Republic of Korea)  
e-mail: cc31@knu.ac.kr

J.-S. Han  
경북대학교 생태환경대학 생태환경전공  
(Republic of Korea, Department of Ecological Environment, College of Ecology & Environmental Science, Kyungpook National University, 2559 Gyeongsangdaero, Sangju 742-711, Republic of Korea)

### 서론

양앵두의 원산지는 유럽 중남부와 소아시아로 알려져 있고 현재 상업적으로 재배되는 양앵두는 맛에 따라 주로 생과용으로 소비되는 단양앵두(sweet cherry)와 가공용으로 소비되는 신양앵두(sour cherry)로 구분할 수 있다. 터키, 미국, 이란 및 러시아를 비롯한 양앵두 생산 주요 20개국의 연간 생산량은 약 317만ton에 달하는데 그 중 단양앵두가 64.2%를 차지한다(FAO 2012). 지난 세기 단양앵두가 전세계적으로 고급 생과의 하나로 각인되고 재배면적이 확대되는 것에 발 맞추어 풍산성, 내열과성 등의 육종목표를 달성하기 위한 다양한 육종프로그램이 진행되어 온 반면, 양앵두 대목의 개량은 비교적 최근에서야 이루어지고 있다고 할 수 있다(Long and Kaiser 2010). 지금까지 개발된 상업적 단양앵두 대목 중 가장 왜화성이 높은 품종은 ‘Gisela 5’이다. 이 대목 품종은 독일 Giessen 대학교에서 *Prunus cerasus* ‘Schattenmorelle’와 *P. canescens* 간 교잡을 통해 개발된 3배체 잡종인데, 잘 알려진 준왜성 단양앵두 품종 ‘Mazzard’ 실생에 비해 50% 이상의 왜화도를 나타낸다(Exadaktylou et al. 2009; Šiško 2011). 또한 접수의 개화 및 숙기를 2~4일 단축시키고 다양한 양앵두 유전자형과 접목친화성을 가지고 있으며 ilarvirus에 내성도 가지고 있다. 이러한 ‘Gisela 5’의 특성은 저수고, 초고 밀식 양앵두 재배를 가능하게 함으로써 노동력 절감과 단위면적당 수확량 증대를 가져올 수 있다. 실제로 유럽과 미국 등에서는 최근 ‘Gisela 5’의 인기가 상당히 높은 것으로 알려져 있다(Bassi 2005; Liu et al. 2005; Lugli et al. 2005; Sitarek et al. 2005; Walter and Franken 1998; Whiting and Ophardt 2005; Yang et al. 2005; Zimmermann 1994). 우수한 특성을 보유하여 인기가 높은 ‘Gisela 5’ 대목의 공급은 수요를 충족하지 못하고 있는 것으로 판단되는데, 공

급 부족의 가장 큰 원인으로 기외에서 삼수의 발근이 쉽지 않다는 점을 들 수 있다(Exadakyliou et al. 2009; Stefancic et al. 2006; Trobec et al. 2004). 포장에서 'Gisela 5' 번식의 어려움을 해결하기 위한 대안으로 최근에는 기내 미세번식이 시도되어 각종 배지 첨가물 등이 배양물에 미치는 영향이 보고되고 있다(Buyukdemirci 2008; Clapa et al. 2013; Fidanci et al. 2008; Ruzic and Cerovic 1998; Ružic et al. 2000; Šiško 2011). 그러나 'Gisela 5' 기내번식을 위한 배양 절편의 준비로부터 기외 순화된 유묘의 생산에 이르는 일련의 조건을 체계적으로 보고한 문헌은 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 무병주 생산의 가능성이 높은 것으로 알려진 정단조직을 배양 재료로 시작하여 유식물체 순화에 이르기까지의 각 단계별 최적 기본배지와 식물생장조절제 조성 등의 배양환경을 구명하고자 하였다. 본 연구의 결과는 양양두 왜성대목 'Gisela 5'의 상업적 기내 대량생산 체계의 뼈대가 될 것으로 사료된다.

## 재료 및 방법

### 식물 재료의 채취와 표면살균

2013년 4월 4일 경북대학교 부속 실험실습장에서 재배중인 'Gisela 5' 성목으로부터 약 1.5~2 cm에 달한 신초를 채취하여 흐르는 수돗물을 이용하여 신초 표면의 이물질을 가볍게 제거한 다음 70% (v/v) 에탄올에 수초간 침지 후 멸균수로 3회 세척하였다. 계면활성제 Tween 20 (Sigma-Aldrich, USA)이 첨가된 1% NaOCl (Sigma-Aldrich)용액에 30분간 처리한 후 멸균수로 3회 세척하였다. 해부현미경 하에서 표면살균된 신초로부터 엽원기가 1~2매 부착된 0.5~1.0 mm 크기의 정단부를 절취하여 배양재료로 이용하였다.

### 정단배양

정단배양 성공의 관건인 배양초기 정단의 생존율을 높이고 식물체 재생에 적합한 배양조건을 구명하기 위하여 MS배지와 1/2MS배지를 기본배지로 이용하고 각각에 BA (0.5, 1.0, 2.0 mg/L) (Sigma-Aldrich)와 IBA (0.5, 1.0, 2.0 mg/L) (Sigma-Aldrich)를 혼용 첨가하였다. 또한 sucrose (Duchefa Biochemie, The Netherlands) 30 g/L와 Plant agar (Duchefa Biochemie) 7 g/L를 첨가하였으며 pH는 5.8로 조정하였다. 조제된 배지는 121°C에서 20분간 고압멸균한 후 8×2 cm 멸균 시험관에 10 mL씩 분주하였다. 채취한 정단을 처리당 10반복으로 치상하고 밀폐하였으며 배양물은 25±2°C, 20 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 16h명/8 h 암 일장에서 2주간 배

양 후 50 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>에서 6주간 배양하며 생육상태를 관찰하였다.

### 신초의 증식

정단배양에서 유래한 유식물체의 마디배양(배지; MS, IBA 0.1 mg/L, BA 1.0 mg/L, GA<sub>3</sub> 0.5 mg/L, sucrose 30 g/L, Plantagar 7 g/L, pH5.8)을 통해 유지하고 있던 'Gisela 5' 모식물체의 신초 상부 약 1 cm를 절취하여 신초증식에 적합한 배양 조건을 탐색하였다. 기본배지로 MS, 1/2MS 및 1/4MS배지를 이용하였으며 각각의 기본배지에 BA 0.5, 1.0 mg/L와 IBA 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 mg/L를 단용 또는 혼용 첨가하였다(총 45처리). Sucrose와 Plant agar의 농도 및 pH는 이전 실험에서와 동일하였다. 100 mL 삼각 플라스크에 배지를 25 mL씩 분주하였으며 각 플라스크에 5개 신초를 치상한 후 밀폐하였고 처리당 4반복으로 실험을 수행하였다. 배양물은 25±2°C, 50 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 및 16 h 명/8 h 암 상태에서 배양하였으며 6주 후 생육상태를 조사하였다.

### 신초로부터 발근 유도

BA 0.5 mg/L와 IBA 0.5 mg/L가 혼용 첨가된 MS (×1)배지에서 증식된 신초를 기부에서 절취하여(약 1 cm) 발근 유도 실험에 이용하였다. 기본배지는 MS, 1/2MS, 1/4MS 및 1/8MS배지를 사용하였으며 식물생장조절제는 예비실험을 통해 선발된 IBA 2.0 mg/L를 단용 첨가하였다. 기타 첨가물, 배지의 pH 및 배양환경은 신초의 증식 실험에서와 동일하였다. 25 mL의 배지가 분주된 삼각플라스크에 신초를 4개씩 치상한 후 밀폐하였고, 처리당 5개의 삼각플라스크를 활용하였다. 신초 이식 후 5주차에 지상부 성장과 지하부 성장 양상을 구분하여 조사하였다.

### 유식물체의 기외 순화

IBA 2.0 mg/L가 첨가된 1/2MS배지에서 발근한 유식물체를 배양용기로부터 꺼내어 흐르는 수돗물에서 뿌리가 상하지 않도록 주의하며 배지를 완전히 제거하였다. 세척한 유식물체는 살균제 다이센엠-45(1 g/L) (Dongbu Farm Hannong, Korea)로 포장용수량까지 관주한 혼합상토(버미큘라이트 : 펄라이트 : 피트모스 = 1:1:1, 2:1:1, 1:2:1, 1:1:2)에 이식하였다. 유식물체는 혼합상토 종류별로 10개체씩 2회 이식하였으며 이식 후 투명 플라스틱 봉지로 포트를 씌워 습도를 유지하면서 배양실(25±2°C, 50 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 16 h명/8 h 암)에서 생육시켰다. 생육 중 외기 적응을 위하여 봉지에 구멍을 점차 뚫어 주었다. 이식 6주 후에 생존율, 엽수, 초장, 근장 및 근수를 조사하였다.

**결과 및 고찰**

**‘Gisela 5’의 정단으로부터 신초생장에 미치는 기본배지와 식물생장조절제의 영향**

MS배지의 농도 또는 식물생장조절제의 조성을 달리한 총 20종의 배지에 정단부를 배양하였을 때 배지조성에 따라 생존율이 10~80%로 다르게 나타났으며 생존한 정단의 경우는 1~2개의 신초로 성장하였다(Table 1). 한편, 일부 배지에서 유의미한 수준(10~30%)에 달하는 hyperhydricity 된 신초가 관찰되었다(Table 1). 기내배양에서 나타나는 hyperhydricity는 지나친 염류, 높은 상대습도, 약광, 유해가스의량 축적 및 호르몬 불균형 등 다양한 원인에 의해 나타나는 것으로 알려져 있는데(Cassells and Curry 2001; Franck et al. 2004), 본 연구에서 초기 2주간은 약광 하에서 배양하였고 전MS배지에 고농도의 식물생장조절제를 첨가한 경우 hyperhydricity 빈도가 높은 경향을 나타내었다는 점은 기 알려진 보고와 무관하지 않은 것으로 사료된다. 전체적으로 식물생장조절제 무첨가 전MS배지를 제외하고 전MS배지에 비하여 1/2MS배지에서 정상신초 확

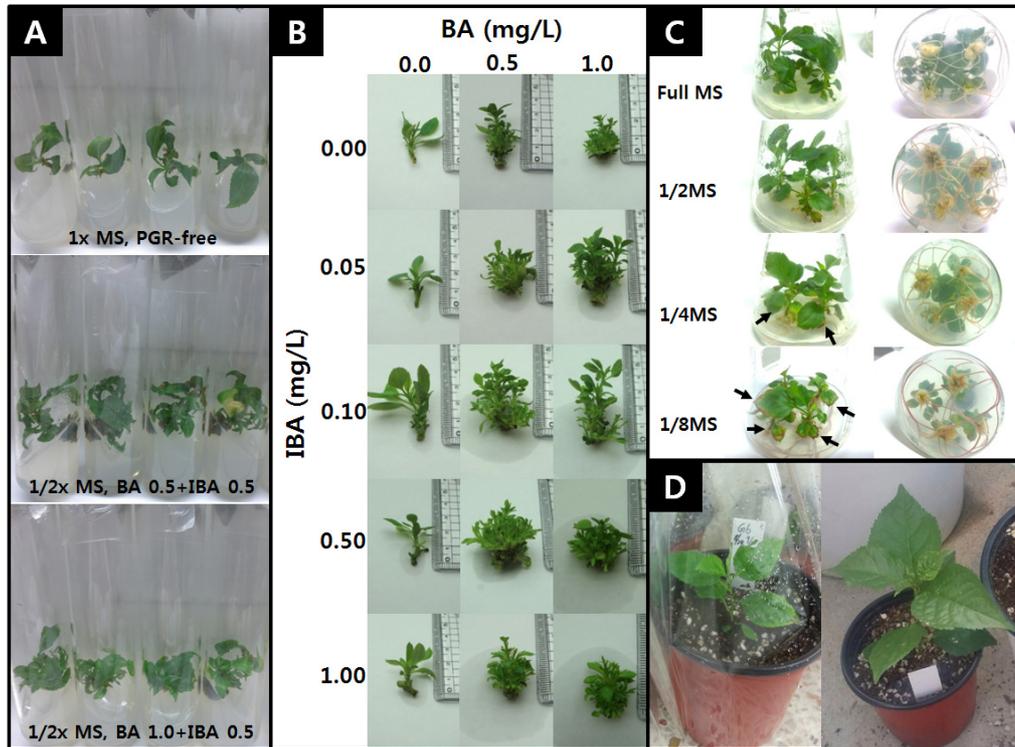
득율이 높은 경향을 나타내었다(Table 1). 식물생장조절제 무첨가 전MS배지, BA와 IBA 각각이 0.5 mg/L 첨가된 1/2MS배지 및 BA 1.0 mg/L와 IBA 0.5 mg/L가 첨가된 1/2MS배지에서 90%의 높은 빈도로 정상신초가 성장하였지만 식물생장조절제 무첨가 전MS배지의 경우 각 신초의 성장량이 상대적으로 빈약하여 다음 단계 신초증식을 위한 재료로 사용하기에는 부적합한 것으로 판단하였다(Fig. 1A).

**MS배지의 농도와 배지내 식물생장조절제 구성이 ‘Gisela 5’의 신초증식에 미치는 영향**

MS배지, BA 및 IBA 농도를 달리하여 조제한 총 45종의 배지(재료 및 방법 참조)에 기내 유식물체로부터 절취한 1 cm 크기의 신초 상부를 치상하였을 때 1/4MS를 기본배지로 하는 일부 배지를 제외하고 대부분의 배지에서 신초가 생존하였으며 생존한 각 신초는 배지구성에 따라 적게는 신초 당 1.2개 많게는 9.7개까지 증식하였다(자료 미제시). 전체적으로 동일한 식물생장조절제 조성 하에서 전MS배지가 1/2MS배지와 1/4MS배지에 비하여 신초의 증식율과 신초의 성장 측면에서 양호한 결과를 나타

**Table 1** Effect of MS medium strength and plant growth regulators on survival and growth of apical tip in ‘Gisela 5’ cherry rootstock. The data represent the mean values of ten replicates. Values in a column followed by a *common letter* are not significantly different at the 5% level (Duncan’s multiple range test)

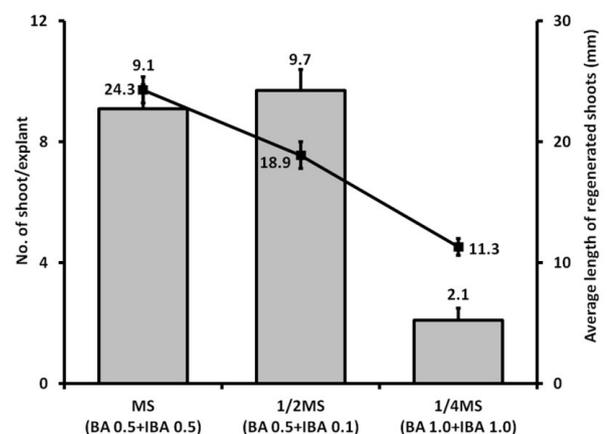
Basal medium	Plant growth regulator (mg/L)		Survival rate of explant and shoot (%)		Acquisition rate for normal shoot (%)	
	BA	IBA	Normal	Hyperhydricity		
MS	0.0	0.0	80.0	0.0	90.0 a	
		0.5	30.0	0.0	50.0 abc	
	0.5	1.0	30.0	0.0	30.0 abc	
		2.0	10.0	0.0	10.0 bc	
	1.0	0.5	40.0	20.0	60.0 abc	
		1.0	20.0	20.0	20.0 abc	
		2.0	0.0	30.0	0.0 c	
		0.5	50.0	0.0	60.0 abc	
	2.0	1.0	0.0	10.0	0.0 c	
		2.0	0.0	30.0	0.0 c	
1/2 MS		0.0	0.0	70.0	10.0	70.0 abc
		0.5	0.5	40.0	0.0	90.0 a
	1.0		30.0	0.0	40.0 abc	
	1.0	2.0	0.0	20.0	0.0 c	
0.5		40.0	0.0	90.0 a		
1.0		20.0	0.0	30.0 abc		
2.0		20.0	0.0	40.0 abc		
2.0	0.5	40.0	0.0	80.0 ab		
	1.0	30.0	0.0	60.0 abc		
	2.0	0.5	50.0	10.0	80.0 ab	
		1.0	30.0	10.0	80.0 ab	



**Fig. 1** A process of micropropagation from shoot tips to acclimatized plants *ex vitro* for production of rootstock ‘Gisela 5’. (A) Growth and development of shoot tips on media containing different strength of MS elements and plant growth regulators. (B) Aspect of shoot multiplication depending on plant growth regulators BA and IBA under full strength MS medium. (C) Appearance of aerial and rhizospheric parts in plantlets grown on media with different strength of MS elements with 2.0 mg/L IBA. Arrows indicate physiological necrotic symptoms at mainly leaf blades. (D) *Ex vitro* acclimatization of rooted plantlets in growth room (left) and greenhouse (right)

내었다(자료 미제시). BA 단용 첨가 시 1.0 mg/L가 0.5 mg/L보다 증식 신초의 수가 많았지만 신초의 길이는 0.5 mg/L가 1.0 mg/L보다 양호하였다(Fig. 1B). 이와 같은 결과는 사과 대목 M.9 계통의 증식 시 BA를 농도별로 처리한 결과, 고농도 처리에서 신초가 더 많이 증식하는 경향이 있다는 보고와 일치한다(Jun et al. 2001). 한편, IBA 단용처리는 신초의 증식에 영향을 미치지 않았다(Fig. 1B). 또한 BA 단용 첨가보다 IBA를 혼용 첨가한 배지에서 신초의 증식과 증식된 신초의 생장이 우수하였는데, BA에 IBA 혼용 농도를 0.05 mg/L, 0.1 mg/L, 0.5 mg/L로 높임에 따라 신초의 수와 생장이 증가하였지만 IBA를 1 mg/L 혼용한 경우는 신초수와 신초의 길이가 줄어드는 결과를 나타내었다(Fig. 1B, Fig. 2). 따라서 우량한 신초를 다수 증식시키기 위해서는 IBA를 0.5 mg/L 이하의 저농도로 혼용하는 것이 필요한 것으로 판단하였다. MS기본배지의 농도별로 신초 증식율과 생장이 가장 우수하였던 식물생장조절제 조성은 전MS배지에서 BA 0.5 mg/L와 IBA 0.5 mg/L 혼용, 1/2MS배지에서 BA 0.5 mg/L와 IBA 0.1 mg/L 혼용 및 1/4MS배지에서 BA 1.0 mg/L와 IBA 1.0 mg/L 혼용으로 조사되었다(Fig. 2). 이들 배지 중 전MS배지와 1/2MS배지 간에는 신초의 증식 효율에는 차이가 없

었지만 기본배지의 농도가 낮아질수록 신초의 생장은 뚜렷이 둔화되었는데, 1/4MS배지에서는 신초의 생장 뿐 아니라 신초의 증식도 극히 부진하였다(Fig. 2). 이러한 결과를 토대로 정단배양 유래 신초의 증식 시 전MS배지에 BA 0.5 mg/L와 IBA 0.5 mg/L를 혼용 첨가하는 것이 좋은 것으로 판단하였다.



**Fig. 2** Multiplication and growth of ‘Gisela 5’ shoots on selected media within each strength of MS medium. Bars indicate standard errors

신초의 정상 성장과 발근에 적합한 배지 조성

신초 증식율과 신초의 생장이 가장 우수하였던 BA 0.5 mg/L와 IBA 0.5 mg/L가 첨가된 전MS배지에서 획득한 신초를 다양한 조성의 식물생장조절제를 첨가한 배지에 치상한 후 발근 양상을 관찰한 예비실험을 통해 발근 유도에 적합한 식물생장조절제로 IBA 2.0 mg/L를 선택하였다(자료 미제시). IBA 2.0 mg/L를 동일하게 첨가하고 MS배지의 농도를 달리한 4종의 배지에 신초를 이식하여 지상부와 지하부의 생육을 관찰한 결과, MS배지의 농도에 따라 양쪽 부분의 생육은 차이를 나타내었다(Table 2). MS배지의 농도가 낮아질수록 신초의 길이생장이 저해되었고, 발근율은 1/2MS와 1/4MS배지가 각각 82.5%와 87.5%로 가장 높았으며 재생된 뿌리의 수와 길이도 1/2MS와 1/4MS배지가 다른 처리에 비해 우수한 것으로 판단되었다(Table 2, Fig. 1C). 한편, 1/8MS배지에서는 유식물체의 엽연부가 심하게 갈변하는 현상이 관찰되었다(Fig. 1C). 이러한 현상은 1/4MS배지에서도 일부 관찰되었는데, 발근유도 초기에는 모든 배지에서 증상이 없었다는 점과 발근 유도 후기에 1/8MS배지와 1/4MS배지에만 집중적으로 나타났다는 점을 감안하면 엽연부 갈변현상은 배지의 양분고갈에 원인이 있는 것으로 판단된다. Jun 등(2001)은 사과 M.9 계통 대목의 기내 발근을 위한 MS배지의 무기염 농도별 실험에서 낮은 농도 처리에서 양분 결핍 증상이 나타난다고 보고한 바 있다. 따라서 신초의 발근 뿐 아니라 지상부 성장을 함께 고려하여 IBA 2.0 mg/L가 첨가된 1/2MS배지가 증식된 신초의 발근에 가장 적합한 것으로 사료된다.

기의 순화를 위한 최적 용토 혼합비율

IBA 2.0 mg/L가 첨가된 1/2MS배지에서 정상적으로 지상부와 지하부가 발달하여 유사한 생육상을 보이는 유식물체를 vermiculite, perlite 및 peatmoss의 혼합비율을 달리한 용토를 채운 포트에 이식하였다. 상대습도 유지를 위한 봉지 씌우기, 점진적 외기 적응을 위한 봉지 구멍 뚫기, 강광 적응을 위해 포트를 배양실에서 온실로 이동 및 봉지 완전 제거 등의 과정을 6주에 걸쳐 실시한 후 용토의 혼합 비율에 따른 식물체의 지상부와 지하부 생육상을 조사하였다. 용토 혼합비율에 무관하게 대부분의 식물체는 활착하였지만 지상부와 지하부의 생육정도는 다르게 나타났다(Fig. 1D, Table 3). 엽수, 신초장, 뿌리 수 및 뿌리의 길이 등을 기준으로 vermiculite : perlite : peatmoss의 혼합비율을 1:1:1로 구성하는 것이 식물체의 기외 순화에 가장 적합한 것으로 판단되었다(Table 3).

적 요

본 연구의 결과를 바탕으로 중요한 양양두 왜성대목의 하나인 'Gisela 5'의 미세번식을 위한 일련의 체계적 과정을 제안한다. 봄철 새롭게 성장한 신초로부터 절취한 정단조직을 IBA 0.5 mg/L와 BA 0.5 또는 1.0 mg/L가 첨가된 1/2MS배지에 치상하였을 때 hyperhydricity가 없고 왕성한 성장을 하는 정상 신초의 획득율이 90%에 달하였다. 다음단계로, 기내에서 유지된 모식물체로부터 채취한 신초

**Table 2** Aerial and rhizospheric growth and development of plantlets depending on MS medium strength. The data represent the mean values of five replicates (4 plantlets per replicate). Values in a column followed by the same *common letter* are not significantly different at the 5% level (Duncan's multiple range test)

Basal medium	Shoot length (mm)	Rooting rate (%)	No. of roots /rooted shoot	Root length of rooted shoots (mm)
MS	11.2 a	77.5 b	3.3 b	13.2 b
1/2 MS	11.4 a	82.5 a	5.5 a	20.3 a
1/4 MS	10.3 a	87.5 a	5.8 a	23.0 a
1/8 MS	8.4 b	77.5 b	3.6 b	20.6 a

**Table 3** Effect of compost composition on aerial and rhizospheric growth and development of plants in ex vitro acclimatization. The data represent the mean values of two replicates (10 plantlets per replicate). Values in a column followed by the same *common letter* are not significantly different at the 5% level (Duncan's multiple range test)

Compost proportion Vermiculite : Perlite : Peatmoss	No. of leaf	Shoot length (mm)	No. of root	Maximum root length (cm)
1 : 1 : 1	3.4 a	14.3 a	4.4 a	2.6 a
2 : 1 : 1	2.4 b	8.7 b	2.2 c	1.6 b
1 : 1 : 2	2.8 b	12.8 a	3.5 b	2.1 a
1 : 2 : 1	1.8 c	8.8 b	3.1 b	1.3 b

를 IBA 0.5 mg/L와 BA 0.5 mg/L가 첨가된 전MS배지에 이식하면 약 9배에 이르는 수준으로 신초가 증식되었다. 증식된 신초는 IBA 2.0 mg/L가 첨가된 1/2MS배지로 이식하면 지상부의 정상생장과 함께 왕성하게 발근하였다. 발근한 유식물체는 비교적 손쉽게 최종적으로 기외 순화시킬 수 있었는데, 기외 이식 상토로는 버미큘라이트, 펄라이트 및 피트모스의 혼합비율을 1:1:1로 하는 것이 가장 적합하였다. 본 연구의 결과가 양앵두 재배와 양앵두 대목의 생산에 유용하게 활용되기를 기대한다.

## References

- Bassi G (2005) Influence of rootstocks on cherry production. *Informatore Agrario* 61:55-59
- Buyukdemirci H (2008) The effects of medium ingredients on shoot propagation and rooting of cherry rootstocks *in vitro*. Proc 5<sup>th</sup> I Son Cherry. Eds.: A. Erisetal. Acta Hort. 795. ISHS
- Cassells A, Curry R (2001) Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture: implications for micropropagators and genetic engineers. *Plant Cell Tiss Org Cult* 64:145-157
- Clapa D, Fira A, Simu M, Horga VC (2013) In vitro propagation of 'Gisela 5' cherry rootstock. *Fruit Grow Res XXIX*:100-105
- Exadaktylou E, Thomidis T, Grout B, Zakynthinos G, Tsiouridis C (2009) Methods to improve the rooting of hardwood cuttings of the 'Gisela 5' cherry rootstock. *HortTechnol* 19:254-259
- FAO (2012) Production of cherry by countries
- Fidanci A, Burak M, Erenoglu B, Akçay E (2008) Determination of in vitro propagation techniques for some clonal cherry rootstocks. Proc. 5<sup>th</sup> I Son Cherry. Eds.: A. Erisetal. Acta Hort. 795. ISHS
- Franck T, Kevers C, Gaspar T, Dommes J, Deby C, Greimers R, Serteyn D, Deby-Dupont G (2004) Hyperhydricity of *Prunus avium* shoots cultured on gelrite: a controlled stress response. *Plant Physiol Biochem* 42:519-527
- Jun JH, Chung KH, Jeong SB, Hong KH, Kang SJ (2001) Rapid multiplication of M.9 rootstocks *in vitro*. *Kor J Hort Sci & Technol* 19:34-38
- Liu Q, Zhang L, Li B, Zhao H (2005) A new cherry dwarf rootstock variety 'Gisela 5'. *Acta Hort Sinica* 32:760
- Long LE, Kaiser C (2010) Sweet cherry rootstocks for the Pacific Northwest. A Pacific Northwest Extension Publication 619, September
- Lugli S, Correale R, Gaiani A, Grandi M, Muzzi E, Quartieri M, Sansavini S (2005) New cherry rootstocks for intensive plantations. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 67:41-47
- Ružic D, Cerovic R (1998) Influence of agar brands and concentration on *in vitro* propagation techniques for some clonal cherry rootstocks. Proc 5<sup>th</sup> I Son Cherry. Eds.: A. Erisetal. Acta Hort 795. ISHS
- Sitarek M, Grzyb ZS, Omiecinska B (2005) Performance of sweet cherry trees on 'Gisela 5' rootstock. *Acta Hort* 667:389-391
- Šiško M (2011) *In vitro* propagation of Gisela 5 (*Prunus cerasus* × *P. canescens*). *Agricultura* 8:31-34
- Stefancic M, Stampar F, Osterc G (2006) Influence of IAA and IBA on root development and quality of *Prunus* 'Gisela 5' leafy cuttings. *HortScience* 40:2052-2055
- Trobec M, Osterc G, Stefancic F (2004) Propagation of rootstocks 'M9' and 'Gisela 5' using a fog system method for greenwood cuttings. *Zbornik referatov 1. Slovenskega sadjarskega kongresa zmednarodno udeležbo. Krško, Slovenia* 2:601-609
- Walter E, Franken BS (1998) Evaluation of new German rootstocks for sweet cherry. 'Gisela 5' and other hybrids of *P. cerasus* × *P. canescens* [*Prunus avium* L.]. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 60:24-28
- Whiting MD, Ophardt D (2005) Comparing novel sweet cherry crop load management strategies. *HortScience* 40:1271-1275
- Yang X, Zhang L, Li B, Liu Q (2005) Brief report on the sweet cherry cultivars and rootstocks grown in Germany. *China Fruits* 4:61-62
- Zimmermann A (1994) 'Gisela 5', a dwarfing rootstock for sweet cherries from Giessen in a trial. *Obstbau (Germany)* 19:62-63