

# 대목별 DMSO (Dimethyl sulfoxide) 및 IBA (Indole-3 butyric acid) 처리농도가 포도 ‘흑보석’ 포트묘 생산에 미치는 영향

박재현<sup>1</sup>, 사공동훈<sup>2,3\*</sup>

## Influence of DMSO (Dimethyl sulfoxide) and IBA (Indole-3 butyric acid) Treating Concentrations by Rootstocks on the Production of Potted Nursery Stock in the Grape ‘Heukboseok’

Jae-Hyun Park <sup>1</sup>, Dong-Hoon Sagong <sup>2,3\*</sup>

<sup>1</sup>대경포도점목묘영농조합법인, <sup>2</sup>대구대학교 과학생명융합대학 원예학과, <sup>3</sup>대구대학교 자연과학연구소

<sup>1</sup>Agricultural Cooperative Company of the Daegyong Grafting Grapes Co., Ltd., Gyeongsan 38411, Korea,

<sup>2</sup>Department of Horticulture, College of Natural and Life Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453,

Korea, <sup>3</sup>Institute of Natural Sciences, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

\* Correspondence: sa0316@daegu.ac.kr

<https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.06>

Korean J. Environ. Agric. 2024, 43, 61-71

Received: April 23, 2024

Revised: July 10, 2024

Accepted: August 8, 2024

Published: August 27, 2024

Online ISSN: 1233-4173

Print ISSN: 1225-3537



© The Korean Society of Environmental Agriculture 2024



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** This study was conducted to investigate the effect of indole butyric acid (IBA) alone and in combination with dimethyl sulfoxide (DMSO) on the rate of grafting take, rooting, sprouting, grafting success and yield of nursery stock for sale of grape ‘Heukboseok’ potted nursery stock that were cutting-grafted to various rootstocks. This experiment was composed three factors. 1<sup>st</sup> factor is eight types of rootstocks as 18808, Teleki 5C (5 C), Teleki 8B (8 B), Millardet et Grasset 101-14 (101-14), Couderc 3306 (3306 C), Couderc 3309 (3309 C), Selection Oppenheim 4 (SO 4), Riparia Gloire de Montpellier (RG). 2<sup>nd</sup> factor is three levels of DMSO concentration as 0%, 5%, and 10%. 3<sup>rd</sup> factor is three levels of IBA concentration as 500, 1,000, and 1,500 mg/L. The grafting was performed in the end of March with the omega machine grafting. DMSO and IBA were applied through thirty seconds dip to the rootstock base. The data showed that the rate of grafting take, rooting, and sprouting were the highest in the 101-04, 3309 C, and 18808 rootstocks, respectively. The rate of grafting success was the highest in 18808 rootstock, and the rate of yield of potted nursery stock for sale of 18808 and 3309 C were higher than other rootstocks. The DMSO concentration was correlated to the rate of grafting take, sprouting and grafting success. However, the IBA concentration was not correlated to the rate of sprouting, grafting success and yield of potted nursery stock for sale. Based on the results from this study, the 3309 C rootstock had the highest graft compatibility with the ‘Heukboseok’, and the combination effect of DMSO and IBA were different by the rootstock.

**Keywords:** Graft success, Grafting take, Omega machine grafting, Sprouting, Rooting

## 서 론

2023년 농업관측센터(<https://aglook.krei.re.kr>)의 자료에 의하면, 국내에서 50 ha 이상 재배되고 있는 포도(*Vitis labruscana* L.) 품종은 ‘샤인머스켓’, ‘캠벨얼리’, 거봉류[‘거봉’(‘Kyoho’), ‘흑보석’, ‘자옥’(‘Shigyoky’), ‘흑구슬’ 품종 등을 포함], ‘MBA’, ‘텔라웨어’ 등이 있다. 이중 거봉류의 ‘흑보석’은 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서 1992년 ‘홍이두’(‘Beniizu’) 품종에 ‘거봉’ 품종을 교배, 육성하여 2003년에 선발한 4배체 조생종 대립계 품종으로[1], 열과가 거의 없고, 착색이 우수하며 숙기가 ‘거봉’보다 1주일 정도 빨라 ‘거봉’의 대체 품종으로 유망하다[2]. 이에 농촌진흥청 국립원예특작과학원 및 대학에서는 국내 육성 포도 품종의 재배면적 확대를 위해 ‘흑보석’ 재배 연구를 진행하였다[1-5].

일반적으로 포도나무는 발근이 잘되어 보통 삼목(꼭짓이)으로 번식시키지만[6,7], 최근에는 포도뿌리혹벌레(필록세라)에 대한 내충성 포함 내병성, 과실의 생산량, 품질 및 환경에 대한 적응성(내동성, 내건성, 내습성 등) 향상을 위해 포도나무를 접목 및 접삼목으로 번식시키고 있다[8-11]. 특히, ‘흑보석’은 과실을 대과로 재배하면 착색이 불량해지고, 경도가 낮아지면서 과육이 쉽게 물러지는 문제점이 있다[1,2]. 이러한 문제점은 적절한 대목을 이용하여 수세를 조절하거나 혹은 칼슘 흡수력이 높은 대목에 접목한다면 쉽게 해결할 수 있을 것으로 생각되는데, 사과나무(*Malus domestica* Borkh.)의 경우 M.9 왜성대목의 칼슘 흡수력은 M.26 준왜성대목보다 높아 M.9 왜성대목에 접목한 사과나무의 칼슘 결핍 생리장애인 고두병 발생 정도는 M.26 준왜성대목에 접목한 사과나무보다 낮았다는 보고가 있다[12]. 한편, 포도나무를 접목 및 접삼목으로 번식시키려면 품종과 대목 간의 접목 친화성을 고려해야 한다[9,10,13,14]. 그러나 2012년 기준 농촌진흥청 국립원예특작과학원에서는 29점의 포도 대목을 보존하고 있음에도 불구하고[15], ‘흑보석’과의 접목 친화성 연구가 진행되지 않아 현재까지도 국내에서는 ‘흑보석’ 접목묘 및 접삼목묘를 충분히 보급하지 못하고 있다.

국내에서는 과수 접목 규격묘 기준을 묘목의 지상부 생육 정도[묘목의 길이와 직경]로 정하고 있다[16]. 그러나 묘 포장에서 묘목을 굴취할 때 묘목의 뿌리는 어느 정도 단근이 될 수밖에 없어 지상부가 아무리 충실하더라도 뿌리가 온전한 작은 묘목(포트묘)을 심는 것보다 생육이 저조할 수 있다[17]. 이에 국외에서는 포도나무를 접목 및 접삼목 포트묘로 생산하여 재배하고 있으며[18-20], 국내에서도 몇몇 포도 접목묘 생산업체에서는 포도나무 묘목을 포트묘로 생산하고 있다. 그러나 국내에는 과수 포트묘 생산 관련 연구가 거의 없어 현재까지도 과수 포트 규격묘의 기준이 없다.

아무리 우수한 특성을 가진 대목이라도 번식 및 발근이 쉽지 않으면 산업적으로 활용하기 어렵다[21]. 포도나무는 다른 과수에 비해 발근이 용이함에도 불구하고[6,7], 발근 촉진을 위해 IBA(indole-3 butyric acid)를 처리하고 있으며[16], 그 처리 농도는 대목 및 처리시간에 따라 다르다[22,23]. 그러나 국내의 포도나무 접목묘 생산업체에서는 IBA를 일괄적으로 2,000 mg/L 농도로 12시간 처리하고 있다[10,11]. 한편, 여러 과수에서는 묘목의 발근, 발아, 접목 활착 촉진을 위해 IBA에 다양한 살균제, 생물비료, dimethyl sulfoxide (DMSO), naphthalene acetic acid (NAA) 등을 혼합하여 처리하고 있다[24-26]. 이중 DMSO는 독성이 약한 침투성 운반체로 삼목 혹은 대목 기부의 IBA 흡수를 증가시킬 뿐만 아니라 발근 부위로 내생 성장조절물질(endogenous growth regulator)과 양분의 전류를 증가시키는 효과가 있다고 알려져 있다[26,27].

따라서 본 시험은 국내 육성 품종인 포도 ‘흑보석’ 접목 포트묘 생산 관련 기초자료를 제공하고자, 국내에서 유통되고 있는 여러 대목에 접목한 ‘흑보석’ 접목 개체를 IBA와 DMSO의 농도를 각각 달리한 혼합용액에 처리한 후 해당 개체들의 접목 활착률(the rate of grafting take), 발근율(the rate of rooting), 발아율(the rate of sprouting), 접목 성공률(the rate of grafting success) 및 판매 가능 묘목 생산 비율(the rate of yield of nursery stock for sale)을 조사하였다.

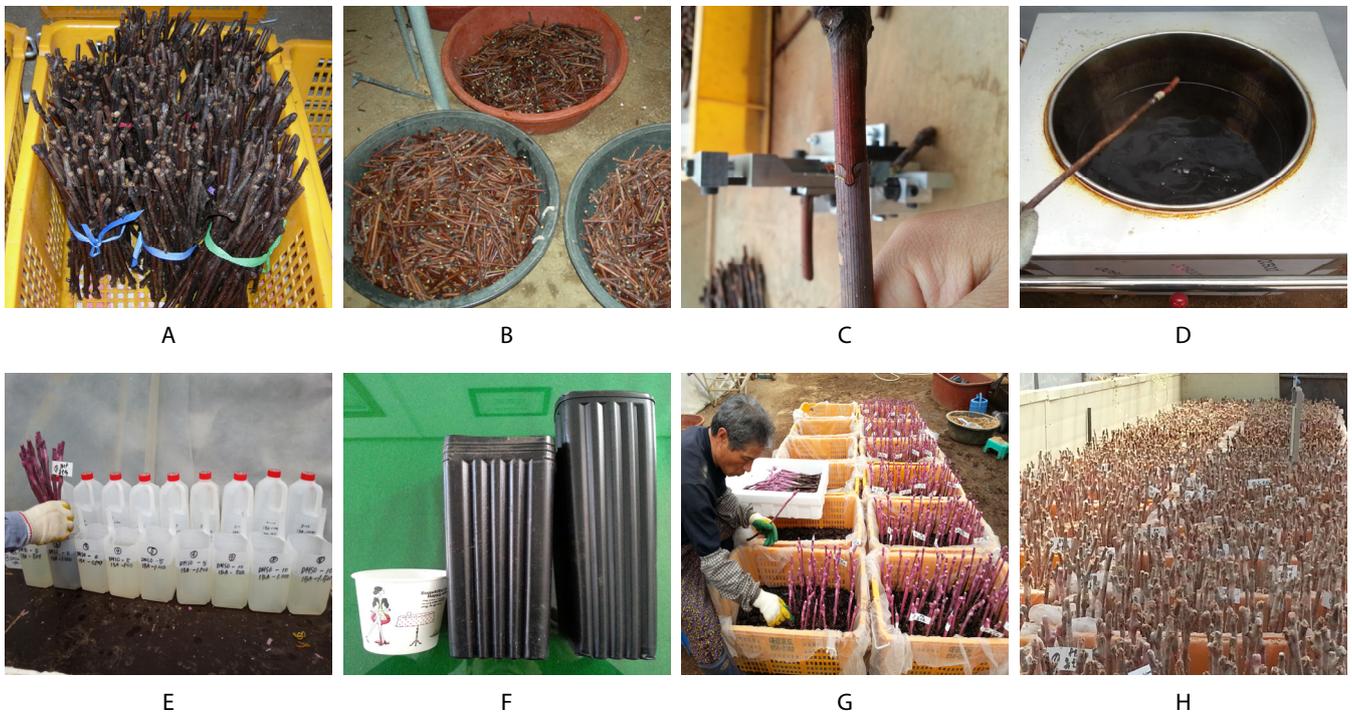
## 재료 및 방법

### 시험재료, 처리 및 관리 방법

본 시험은 2013년 경상북도 경산시 와촌면 소재 포도 접목묘 영농조합법인의 시설하우스에서 실시하였다. 처리는 3요인(대목, DMSO 농도, IBA 농도)으로, 대목은 국내에 유통되는 8종류[18808, Teleki 5C (5 C), Teleki 8B (8 B), Millardet et Grasset 101-14 (101-14), Couderc 3306 (3306 C), Couderc 3309 (3309 C), Selection Oppenheim 4 (SO 4), Riparia Gloire de Montpellier (RG)]를 사용하였다. DMSO 및 IBA 처리농도는 오메가형 기계접으로 접목한 ‘Petite Sirah’/‘Dog-Ridge’ 포도 접목묘를 대상으로

연구한 학위논문(<http://hdl.handle.net/10150/275367>)을 참고하여, DMSO 농도는 3수준(0%, 5%, 10%), IBA 농도는 3수준(500 mg/L, 1,000 mg/L, 1,500 mg/L)으로 처리하였다.

시험 접수와 대목은 2012년 12월 초순에 접수 및 대목 증식포에서 직경이 10~12 mm 정도인 것을 채취하였다. 채취한 접수와 대목은 2~4°C 저온저장고에 저장한 뒤 2013년 3월 하순에 접수와 대목을 각각 10 cm, 30 cm 길이로 절단하였다(Figs. 1A, 1B). 절단한 접수와 대목은 시설하우스 내에서 접목기계(Omega-uno, Wahler Omega GmbH & Co. KG, Germany)를 이용하여 오메가형 기계접을 하였다(Fig. 1C). 접목한 개체는 접목 부위를 광분해 접목 테이프(Buddy-tape, Aglls, Japan)로 고정된 후 다시 접목 개체의 총길이가 30 cm (접수 5 cm, 대목 25 cm)가 되도록 절단하였다[16]. 접목 부위가 고정된 개체는 절단 부위 수분 손실 방지를 위해 발근 유도 부위(대목 하단부 5 cm 부위)를 제외한 모든 부위를 35~60°C 파라핀 용액에 1~2초 침지 후(Fig. 1D), 발근 유도 부위를 DMSO와 IBA가 혼합된 9수준의 용액에 30초간 침지시켰다(Fig. 1E). DMSO 및 IBA 혼합용액 침지처리가 끝난 접목 개체는 상토(펠라이트:톱밥 = 5:5)로 채워진 길이 25 cm, 직경 7 × 7 cm의 플라스틱 포트(Fig. 1F)에 삽목한 뒤 번식용 컨테이너 상자에 배치하였다(Fig. 1G). 이후 번식용 컨테이너 상자는 4월 중순에 영농조합법인에서 자체 제작한 상온식 전열온상에 입고 후 40일 정도 가온하여 접목 개체의 접목 활착, 발아 및 발근을 유도하였다(Fig. 1H).



**Fig. 1. Photographs of the rootstocks before the cutting-grafting (A), the scion before the cutting-grafting (B), the omega machine grafting (C), the treatment of paraffin (D), the treatment of DMSO and IBA (E), the pot of 25 cm in depth and 7 × 7 cm (F), the box for rooting grafted grape nursery (G), and the electrically heated hotbed (E).**

전열온상의 기온 및 상대습도는 입고 후 20일 동안에는 각각 30°C, 75% 이상 되도록 하였고, 입고 후 20일부터 30일까지는 각각 25~30°C, 40~45%가 되도록 하였다[16]. 입고 30일부터 40일까지는 접목묘의 순화를 위해 가운을 중지하고, 전열온상의 천창, 측창 및 문을 개방하였다[8,11]. 전열온상 동안의 관수는 입고 전 충분히 관수한 다음 4~5일 간격으로 번식용 컨테이너 상자당 1 L 정도 주는 방식으로 관리하였으며[11], 시비 및 병해충 약제 살포는 하지 않았다.

요인별 처리 반복수는 10개를 1반복으로 한 4반복으로 총 2,880개의 접목 개체가 시험에 이용되었다.

## 접목 활착률, 발근율 및 발아율

전열온상 입고 후 40일경에 반복(접목 개체 10개)별로 접목 활착률, 발근율 및 발아율을 조사하였다. 접목 활착은 접목 개체별로 접목 부위 전체 면적의 75% 이상에서 캘러스가 형성되면 성공된 것으로 판정하였고[8,9,27,28], 발근은 접목 개체별로 플라스틱 포트 제거 후 뿌리가 육안으로 확인되면 성공된 것으로 하였다[11]. 발아는 접목 개체별로 접수 부위 신초가 5 cm 이상 성장되었으면 성공한 것으로 판단하였다[8,27].

## 접목 성공률과 판매 가능 포트묘의 생산 비율

접목 성공률과 판매 가능 포트묘의 생산 비율 역시 전열온상 입고 후 40일경에 반복(접목 개체 10개)별로 조사하였다. 접목 성공 판정은 접목 활착, 발근 및 발아가 동시에 이루어진 것으로 하였다[11,27].

판매 가능 포트묘는 접목이 성공되었다고 판정된 묘목들을 대상으로 조사하였다. 판매 가능 포트묘의 기준은 국내 포도 접목 규격묘[묘목 길이(수고)가 50 cm 이상이면서 접수 직경(접수의 눈에서 발아된 신초 직경)이 6.0 mm 이상] 기준[14], 전열온상에서 40~60일 동안 육묘된 포도 접목묘의 접수 부위 신초의 길이와 직경을 조사한 보고[8,11,28,29] 및 본 시험이 진행된 포도 접목묘 영농조합법인의 포트묘 판매 기준(특급: 접수 부위 신초의 길이가 30 cm 이상, 상급: 접수 부위 신초 길이가 20~29 cm 정도, 중급: 접수 부위 신초 길이가 10~19 cm 정도)을 참고하여, 접수 부위 신초의 길이가 10 cm 이상이면서 직경이 3.0 mm 이상인 묘목으로 하였다. 묘목의 신초 길이와 직경은 농림축산식품부(<https://www.mafra.go.kr>)의 종자관리요강 별표 14의 포도 규격묘 조사 방법에 따라 접목 부위 상단 10 cm 부위 접수의 줄기(접수 부위 발아된 신초)를 대상으로 하여 조사하였다.

## 통계 분석

통계 분석은 SAS 9.2 프로그램을 이용하여 0.05, 0.01, 0.001 이하 수준의 3 요인(대목, DMSO 처리농도, IBA 처리농도) 분석과 더불어 0.05 이하 수준의 Duncan test를 통한 다중검정을 대목별로 실시하였다. 반복수는 10주를 1반복으로 한 4반복으로 하였다.

## 결과 및 고찰

### 접목 활착률, 발근율 및 발아율

요인(대목, DMSO 처리농도, IBA 처리농도)별 접목 활착률을 살펴보면, 대목 요인의 경우 101-14와 3309 C의 평균 접목 활착률이 52.5~60.6% 정도로, 8 B, 3306 C, SO 4 대목들의 29.2~33.3% 대비 1.5~2.1배 정도 높았다. DMSO 요인에서는 DMSO 5% 처리구들과 DMSO 10% 처리구들의 평균 접목 활착률이 41.8~44.5% 정도로, DMSO 0% 처리구들의 38.4%보다 높았다. IBA 요인에서는 IBA 500 mg/L 처리구들의 평균 접목 활착률이 43.0% 정도로, IBA 1,000 mg/L 처리구들의 39.8%보다 높았다. 한편, 접목 활착률에 대한 요인별 상호작용은 모두 유의차를 나타내었으나, 요인별 상호작용 경향은 일정하지 않았다. 접목 활착률이 70%를 넘는 DMSO 및 IBA 혼합 처리구들은 18808 대목과 101-14 대목에만 있었다. 18808 대목의 경우 DMSO 5% + IBA 500 mg/L 처리구와 DMSO 10% + IBA 500 mg/L 처리구였고, 101-14 대목에서는 DMSO 0% + IBA 1,000 mg/L, DMSO 0% + IBA 1,500 mg/L, DMSO 5% + IBA 1,000 mg/L 처리구 및 DMSO 10% + IBA 500 mg/L 처리구였다(Table 1).

요인별 발근율을 살펴보면, 대목 요인의 경우 3306 C, 3309 C, RG 대목들의 평균 발근율은 81.4~89.2% 정도로, 5 C, 8 B, SO 4 대목의 38.9~59.7% 대비 1.3~2.3배 정도 높았다. DMSO 요인에서는 DMSO 0% 처리구들과 DMSO 10% 처리구들의 평균 발근율이 68.4~70.5% 정도로, DMSO 5% 처리구들의 63.9%보다 높았다. IBA 요인에서는 IBA 500 mg/L 처리구들과 IBA 1,000 mg/L 처리구들의 평균 발근율이 68.9~69.2% 정도로, IBA 1,500 mg/L 처리구들의 64.8%보다 높았다. 한편, 발근율에 대한 요인별 상호작용은 모두 유의차를 나타내었으나, 그 경향은 일정하지 않았다. 발근율이 100%가 되었던 DMSO 및 IBA 혼합 처리구들은 3306 C 대목과 3309 C 대목에서만 있었다. 3306 C 대목의 경우 DMSO 5% + IBA 1,500 mg/L 처리구, 3309 C 대목에서는 DMSO 0% + IBA 500 mg/L 처리구, DMSO 10% + IBA 1,000 mg/L 처리구 및 DMSO 10% + IBA 1,500 mg/L 처리구였다(Table 2).

요인별 발아율을 살펴보면, 대목의 경우 18808, 3309 C 대목들의 평균 발아율이 25.6~39.2% 정도로, 8 B, 3306 C, SO 4 대목들의 12.5~15.6% 대비 1.6~3.1배 정도 높았다. DMSO 요인에서는 DMSO 5% 처리구들과 DMSO 10% 처리구들의 평균 발아

**Table 1. The rate of grafting take according to various rootstocks, DMSO (dimethyl sulphoxide) concentrations, and IBA (indol acetic acid) concentrations of grape 'Heukboseok' potted nursery stock. Experiment were conducted in randomized plots design with 4 replications, and each replicate consisted of 10 grafted plants**

DMSO (%)	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	The rate of grafting take (%)								Avg. of DMSO	Avg. of IBA
		Rootstocks									
		18808	5 C	101-14	8 B	3306 C	3309 C	SO 4	RG		
0	500	27.5 d <sup>z</sup>	35.0 c	27.5 d	20.0 bc	0.0 c	65.0 a	20.0 bc	20.0 c	38.4 b <sup>z</sup>	43.0 a <sup>z</sup>
	1,000	35.0 cd	62.5 a	77.5 a	42.5 a	27.5 b	42.5 b	50.0 a	15.0 c		
	1,500	42.5 bc	50.0 ab	72.5 ab	22.5 bc	42.5 a	50.0 ab	15.0 c	60.0 a		
5	500	70.0 a	50.0 ab	50.0 c	42.5 a	50.0 a	42.5 b	45.0 a	50.0 ab	41.8 a	39.8 b
	1,000	42.5 bc	42.5 bc	75.0 a	42.5 a	7.5 c	50.0 ab	35.0 ab	15.0 c		
	1,500	15.0 e	35.0 c	57.5 bc	42.5 a	45.0 a	50.0 ab	25.0 bc	22.5 c		
10	500	70.0 a	50.0 ab	77.5 a	27.5 b	42.5 a	65.0 a	42.5 a	42.5 b	44.5 a	41.9 ab
	1,000	50.0 b	15.0 d	50.0 c	15.0 c	27.5 b	42.5 b	42.5 a	50.0 ab		
	1,500	65.0 a	57.5 a	57.5 bc	27.5 b	20.0 b	65.0 a	25.0 bc	40.0 b		
Avg. of rootstocks		46.4 c <sup>y</sup>	44.2 c	60.6 a	31.4 de	29.2 e	52.5 b	33.3 de	35.0 d		
ANOVA <sup>x</sup>											
Rootstocks (A)						***					
DMSO (B)						***					
IBA (C)						*					
A x B						***					
B x C						***					
A x C						***					
A x B x C						***					

<sup>z</sup>Means followed by the same letter within columns are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>Means followed by the same letter within row is not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Not significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

**Table 2. The rate of rooting according to various rootstocks, DMSO (dimethyl sulphoxide) concentrations and IBA (indol acetic acid) concentrations of grape 'Heukboseok' potted nursery stock. Experiment were conducted in randomized plots design with 4 replications, and each replicate consisted of 10 grafted plants**

DMSO (%)	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	The rate of rooting (%)								Avg. of DMSO	Avg. of IBA
		Rootstocks									
		18808	5 C	101-14	8 B	3306 C	3309 C	SO 4	RG		
0	500	70.0 abc <sup>z</sup>	57.5 b	57.5 bc	85.0 a	70.0 b	100.0 a	55.0 cd	85.0 a	68.4 a <sup>z</sup>	68.9 a <sup>z</sup>
	1,000	50.0 c	50.0 b	70.0 ab	35.0 bc	85.0 ab	92.5 a	80.0 a	85.0 a		
	1,500	70.0 abc	57.5 b	65.0 ab	15.0 d	85.0 ab	70.0 b	75.0 ab	77.5 a		
5	500	85.0 a	42.5 b	70.0 ab	35.0 bc	75.0 b	85.0 ab	55.0 cd	80.0 a	63.9 b	69.2 a
	1,000	57.5 bc	57.5 b	45.0 c	35.0 bc	80.0 ab	85.0 ab	65.0 bc	80.0 a		
	1,500	50.0 c	50.0 b	70.0 ab	30.0 cd	100.0 a	85.0 ab	30.0 e	85.0 a		
10	500	80.0 ab	42.5 b	70.0 ab	35.0 bc	75.0 b	85.0 ab	65.0 bc	92.5 a	70.5 a	64.8 b
	1,000	80.0 ab	80.0 a	80.0 a	30.0 cd	92.5 ab	100.0 a	65.0 bc	80.0 a		
	1,500	65.0 b	80.0 a	57.5 bc	50.0 b	70.0 b	100.0 a	47.5 d	70.0 a		
Avg. of rootstocks		67.5 c <sup>y</sup>	57.5 e	65.0 cd	38.9 f	81.4 b	89.2 a	59.7 de	81.7 b		
ANOVA <sup>x</sup>											
Rootstocks (A)						***					
DMSO (B)						***					
IBA (C)						*					
A x B						**					
B x C						*					
A x C						***					
A x B x C						***					

<sup>z</sup>Means followed by the same letter within columns are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>Means followed by the same letter within row is not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Not significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

율이 20.7~25.6% 정도로, DMSO 0% 처리구들의 19.1%보다 높았다. IBA 요인에서는 처리농도에 따른 차이는 없었다. 한편, 발근율에 대한 요인별 상호작용은 모두 유의차를 나타내었으나, 그 경향은 일정하지 않았다. 평균 발아율이 50%를 넘는 DMSO 및 IBA 혼합 처리구들은 18808 대목과 101-14 대목에만 있었다. 18808 대목의 경우 DMSO 5% + IBA 500 mg/L 처리구, DMSO 10% + IBA 500 mg/L 처리구 및 DMSO 10% + IBA 1,000 mg/L 처리구가 있었고, 101-14 대목에서는 DMSO 10% + IBA 500 mg/L 처리구만 있었다(Table 3).

접수 품종과 대목 간의 접목 친화성, 대목 부위 발근율 및 접수 부위의 발아율은 접목묘 생산에서 중요하다[9,11,21]. 이중 접목 친화성은 접목 부위 캘러스 형성 정도(접목 활착률)로 판단할 수 있는데[14,27,30,31], 포도나무의 경우 접목 부위 전체 면적 중 75% 이상에서 캘러스가 형성되면 접목 부위가 유합되어 접목이 성공되었다고 판단한다[9,30]. 특히, 본 시험에서 실시한 오메가형 기계접은 접목 성공률이 50% 미만으로 낮아[11], 특정 품종 및 대목 조합에서는 묘목 생산 비율(the rate of sapling yield)이 50% 미만이 될 위험이 있다[10,32]. 본 시험에서 평균 접목 활착률이 50% 이상이었던 대목은 101-04와 3309 C로(Table 1), 이는 ‘흑보석’의 화분친인 ‘거봉’[1]을 101-14 및 3309 C 대목에 할접으로 접목하면 접목부 캘러스 형성률이 63~83% 정도 되었고, 3309 C에 접목한 ‘거봉’의 경정 접목률(rate of micrografting)이 70% 이상으로 다른 대목들(101-14 등)에 접목한 묘목들보다 높았다는 보고[33]와 유사하였다. 즉, 본 시험에서 101-14 및 3309 C 대목은 ‘흑보석’ 품종과의 접목 친화성이 높다고 생각할 수 있었다(Table 1).

일반적으로 과수의 근권부 생장기는 발아기보다 앞서거나 거의 일치하므로[16], 접목한 과수 묘목은 접목 부위에 캘러스가 형성되면 대목으로부터 흡수된 수분이 접수 부위로 이동하게 되면서 눈이 발아한다[34]. 그러나 포도나무는 반대로 발아가 발근보다 빠르고[16], 포도 접삽목은 접목 활착, 발아 및 발근이 동시에 이루어지므로[11,35], 포도나무 접목 활착률이 접수 부위 및 대목 부위의 생장에 미치는 영향은 품종 및 대목의 조합에 따라 일정하지 않다[8,9,27,31-33]. 본 시험 역시 평균 활착률, 발근율 및 발아율은 대목별로 일정한 경향이 없었다(Tables 1~3). 오히려 ‘흑보석’ 품종과 접목 활착률이 가장 높았던 101-04 대목의 평균 발근율이 65% 정도로 낮은 편이었고, 접목 활착률이 가장 낮았던 3306 C 대목의 평균 발근율은 81% 정도로 높은

**Table 3. The rate of sprouting according to various rootstocks, DMSO (dimethyl sulphoxide) concentrations and IBA (indol acetic acid) concentrations of grape ‘Heukboseok’ potted nursery stock. Experiment were conducted in randomized plots design with 4 replications, and each replicate consisted of 10 grafted plants**

DMSO (%)	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	The rate of sprouting (%)								Avg. of DMSO	Avg. of IBA
		Rootstocks									
		18808	5 C	101-14	8 B	3306 C	3309 C	SO 4	RG		
0	500	15.0 c <sup>z</sup>	0.0 c	15.0 c	0.0 c	7.5 b	42.5 a	22.5 a	27.5 ab	19.1 b <sup>z</sup>	23.3 a <sup>z</sup>
	1,000	15.0 c	37.5 a	20.0 bc	22.5 ab	7.5 b	27.5 ab	20.0 a	15.0 b		
	1,500	42.5 b	35.0 ab	7.5 c	7.5 bc	27.5 b	20.0 ab	7.5 a	27.5 ab		
5	500	57.5 ab	20.0 abc	7.5 c	20.0 ab	7.5 b	20.0 ab	15.0 a	27.5 ab	20.7 a	21.0 a
	1,000	42.5 b	15.0 bc	15.0 c	15.0 abc	7.5 b	27.5 ab	15.0 a	15.0 b		
	1,500	15.0 c	20.0 abc	15.0 c	27.5 a	30.0 a	35.0 ab	7.5 a	20.0 ab		
10	500	70.0 a	7.5 c	65.0 a	15.0 abc	15.0 b	27.5 ab	20.0 a	35.0 a	25.6 a	21.0 a
	1,000	50.0 ab	7.5 c	35.0 b	7.5 bc	15.0 b	15.0 b	20.0 a	37.5 a		
	1,500	45.0 b	35.0 ab	20.0 bc	22.5 ab	7.5 b	15.0 b	12.5 a	15.0 b		
Avg. of rootstocks		39.2 a <sup>y</sup>	19.7 cd	22.2 bc	15.3 de	12.5 e	25.6 b	15.6 de	24.4 bc		
ANOVA <sup>x</sup>											
Rootstocks (A)						***					
DMSO (B)						***					
IBA (C)						NS					
A x B						***					
B x C						**					
A x C						***					
A x B x C						***					

<sup>z</sup>Means followed by the same letter within columns are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>Means followed by the same letter within row is not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Not significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

편이었다(Tables 1, 2). 또한, 본 시험의 대목 요인별 발근율(Table 2)은 18808, 101-14, 3306 C, 3309 C 및 RG 대목들의 삽목 발근성이 5 C, 8 B 및 SO 4 대목들보다 높았다는 보고[6]와 동일하였다. 따라서 본 시험에서 대목 요인별 평균 활착률과 평균 발아율 및 평균 발근율 간의 경향이 일정하지 않았던 것(Tables 1~3)은 포도 접삽목묘의 발근율 및 발아율은 접목 활착률보다는 접수 및 대목에 각각 축적된 양수분 및 호르몬 혹은 접목 후 환경조건(기온, 지온 및 상대습도 등)에 영향을 받기 때문으로 추정되었다[9,14,31].

DMSO는 원형질체의 세포벽 재생 효율과 세포분열 빈도를 높이는 효과가 있어[36], 삽목 시 IBA를 혼용 처리하면 발근율이 증진된다[25,26]. 포도 접삽목묘에서는 DMSO와 IBA 혼용처리 시 접목 활착률과 발근율이 동시에 증진되었다는 보고(<http://hdl.handle.net/10150/275367>)가 있다. 본 시험에서는 DMSO 처리농도가 높아질수록 접목 활착률과 발아율이 증진되는 경향이 있었으나 발근율은 일정한 경향이 없었다(Tables 1~3). 이는 발근을 위한 IBA 적정 처리농도는 작물, 접수 및 대목의 종류 및 처리 방법 등에 따라 다르므로[22,23,37], IBA를 고농도로 처리하면 발근이 오히려 억제될 수 있다는 보고[34], DMSO는 IBA 흡수율을 높이는 경향이 있어[26], DMSO를 1.0% 이상의 농도로 처리 시 줄기 부위에 IBA에 의한 생장 촉진 효과가 발생할 수 있을 것이라는 보고[25] 및 DMSO 15% 처리에서 IBA를 1,000 mg/L에서 1,200 mg/L 정도로 높이면 포도 접삽목묘의 접목 활착률 및 발근율이 절반 수준으로 감소하였다는 보고(<http://hdl.handle.net/10150/275367>)를 미루어 보아, 본 시험에서 DMSO의 발근율에 미치는 영향이 일정하지 않았던 것(Table 2)은 몇몇 대목에서 DMSO로 인한 IBA 과다 흡수에 의해 발근 억제 현상이 발생했기 때문으로 추정되었다.

### 접목 성공률과 판매 가능 포트묘 생산 비율

요인별 접목 성공률을 살펴보면, 대목의 경우 18808과 3309 C 대목들의 접목 성공률이 21.1~27.2% 정도로, 8 B와 3306 C 대목들의 10.0~12.5% 대비 1.5~3.0배 정도 높았다. DMSO 요인에서는 DMSO 10% 처리구들의 평균 발아율이 19.3% 정도로, DMSO 0% 및 5% 처리구들의 15.7~16.3%보다 높았다. IBA 요인에서는 처리농도에 따른 차이는 없었다. 한편, 발근율에 대한 요인별 상호작용은 모두 유의차를 나타내었으나, 그 경향은 일정하지 않았다. 평균 접목 성공률이 50%를 넘는 DMSO 및 IBA 혼합 처리구는 101-14 대목의 DMSO 10% + IBA 500 mg/L 처리구만 있었다(Table 4).

요인별 판매 가능 포트묘 생산 비율을 살펴보면, 대목의 경우 18808과 3309 C 대목들의 접목 성공률이 19.4~20.6% 정도로, 8 B와 3306 C 대목들의 9.4~11.7% 대비 2배 정도 높았다. DMSO 요인과 IBA 요인에서는 처리농도에 따른 차이는 없었다. 한편, 판매 가능 포트묘 생산 비율에 대한 요인별 상호작용은 DMSO와 IBA 상호작용(B × C 요인)만 유의차가 없었고, 나머지 요인별 상호작용에 대한 경향은 일정하지 않았다. 판매 가능 포트묘 생산 비율이 30%를 넘는 DMSO 및 IBA 혼합 처리구는 18808, 101-14, 3309 C 대목에서만 있었다. 18808 대목의 경우 DMSO 10% + IBA 1,500 mg/L 처리구, 101-14 대목에서는 DMSO 10% + IBA 500 mg/L 처리구, 3309 C 대목에서는 DMSO 0% + IBA 500 mg/L 처리구였다(Table 5).

일반적으로 포도 접삽목묘는 접목 후 비닐하우스 내부 전열온상에 30~40일 동안 넣어 육묘(접목 활착, 발아 및 발근 유도)한 후 4월 하순 이후로 포장에 이식하는데[10,16,30], 국내에서는 포장 이식 전(접목 후 40일경) 포도 접삽목묘를 포트묘 형태로 판매한다. 접목 후 40~60일경 포도 접목 및 접삽목 포트묘의 신초 길이와 직경은 품종과 대목의 조합 혹은 접수 부위 눈의 수에 따라 다르지만[8,9,27], 접목 후 60일 동안 온실에서 육묘한 포도 접삽목묘들의 평균 신초 직경은 4.0 mm 미만이었다는 보고[28,29], 접목 후 40일경 ‘캠벨얼리’/3309 C 접삽목묘의 평균 신초장은 7.0~12.0 cm 정도였다는 보고[11] 및 접목 후 28일경 101-04, 3309 C 대목에 접목한 ‘거봉’의 평균 신초장은 7.0~10.0 cm 정도였다는 보고[33]가 있다. 본 시험 역시 접목 후 40일경 ‘흑보석’ 접삽목묘들의 평균 신초장 및 신초 직경은 각각 10 cm 이상, 3.0 mm 이상이었으나, 신초 길이는 10 cm 이상이었던 신초 직경이 3.0 mm를 넘지 못한 접삽목묘들이 대목 별로 다소 발생하여(자료 미제시), 대목 요인별 판매 가능 포트묘 생산 비율은 접목 성공률보다 낮았다(Tables 4, 5).

대목과 접수가 조직적으로 유합, 접착하여 생장을 개시하는 것을 활착(graft take)이라 하고, 대목과 접수가 활착한 후 생장과 결실의 두 작용이 순조롭게 계속되는 것을 접목 친화성(graft compatibility)이라고 한다[16,34]. 그러나 대다수 포도나무 접목 연구에서는 접목 활착을 접목부의 캘러스 정도로만 판단하고 있으며[8,9], 접목 활착이 되면 접목이 성공되었거나 접목 친화성이 높다고 판단한다[30-32]. 본 시험에서는 접목 부위가 활착되었어도 발아 혹은 발근만 된 접삽목묘들이 있어 접목 활착, 발아 및 발근이 모두 이루어진 접삽목묘들의 비율(접목 성공률)과 판매 가능 포트묘 생산 비율을 조사해 본 결과(Tables 4, 5), 대목 요인별 평균 접목 성공률은 30% 이하였고, 대목 요인별 평균 판매 가능 포트묘 생산 비율은 대다수가 20%를 넘지 못하였다.

**Table 4. The rate of grafting success according to various rootstocks, DMSO (dimethyl sulphoxide) concentrations and IBA (indol acetic acid) concentrations of grape ‘Heukboseok’ potted nursery stock. Experiment were conducted in randomized plots design with 4 replications, and each replicate consisted of 10 grafted plants**

DMSO (%)	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	The rate of grafting success (%)								Avg. of DMSO	Avg. of IBA
		Rootstocks									
		18808	5 C	101-14	8 B	3306 C	3309 C	SO 4	RG		
0	500	12.5 b <sup>z</sup>	0.0 c	10.0 bc	0.0 c	7.5 b	37.5 a	20.0 a	20.0 a	15.7 b <sup>z</sup>	17.6 a <sup>z</sup>
	1,000	12.5 b	30.0 a	15.0 bc	15.0 ab	7.5 b	25.0 ab	17.5 a	15.0 a		
	1,500	30.0 a	30.0 a	7.5 bc	7.5 bc	10.0 b	20.0 ab	7.5 a	20.0 a		
5	500	35.0 a	15.0 abc	5.0 c	15.0 ab	5.0 b	17.5 ab	15.0 a	22.5 a	16.3 b	17.0 a
	1,000	35.0 a	12.5 bc	12.5 bc	15.0 ab	7.5 b	22.5 ab	15.0 a	12.5 a		
	1,500	12.5 b	15.0 abc	12.5 bc	20.0 a	22.5 a	20.0 ab	7.5 a	17.5 a		
10	500	37.5 a	5.0 c	50.0 a	12.5 ab	12.5 b	22.5 ab	20.0 a	25.0 a	19.3 a	16.7 a
	1,000	35.0 a	5.0 c	25.0 b	7.5 bc	12.5 b	12.5 b	17.5 a	22.5 a		
	1,500	35.0 a	27.5 ab	15.0 bc	20.0 a	5.0 b	12.5 b	12.5 a	12.5 a		
Avg. of rootstocks		27.2 a <sup>y</sup>	15.6 cd	16.9 bcd	12.5 de	10.0 e	21.1 b	14.7 cd	18.6 bc		
ANOVA <sup>x</sup>											
Rootstocks (A)						***					
DMSO (B)						*					
IBA (C)						NS					
A x B						***					
B x C						*					
A x C						***					
A x B x C						***					

<sup>z</sup>Means followed by the same letter within columns are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>Means followed by the same letter within row is not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Not significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

**Table 5. The rate of yield of nursery stock for sale according to various rootstocks, DMSO (dimethyl sulphoxide) concentrations and IBA (indol acetic acid) concentrations of grape ‘Heukboseok’ potted nursery stock. Experiment were conducted in randomized plots design with 4 replications, and each replicate consisted of 10 grafted plants**

DMSO (%)	IBA (mg·L <sup>-1</sup> )	The rate of yield of nursery stock for sale (%)								Avg. of DMSO	Avg. of IBA
		Rootstocks									
		18808	5 C	101-14	8 B	3306 C	3309 C	SO 4	RG		
0	500	10.0 c <sup>z</sup>	0.0 c	10.0 bc	0.0 b	7.5 b	32.5 a	20.0 a	17.5 a	14.1 a <sup>z</sup>	14.9 a <sup>z</sup>
	1,000	12.5 bc	22.5 a	12.5 bc	15.0 a	7.5 b	25.0 ab	17.5 ab	15.0 a		
	1,500	20.0 abc	22.5 a	7.5 bc	7.5 ab	10.0 ab	20.0 ab	7.5 b	17.5 a		
5	500	25.0 ab	15.0 ab	5.0 c	15.0 a	5.0 b	17.5 ab	12.5 ab	20.0 a	14.6 a	14.8 a
	1,000	25.0 ab	10.0 abc	12.5 bc	15.0 a	7.5 b	20.0 ab	12.5 ab	12.5 a		
	1,500	12.5 bc	15.0 ab	12.5 bc	17.5 a	17.5 a	20.0 ab	7.5 b	17.5 a		
10	500	25.0 ab	5.0 bc	32.5 a	12.5 a	12.5 ab	20.0 ab	20.0 a	17.5 a	15.7 a	14.7 a
	1,000	25.0 ab	5.0 bc	20.0 b	7.5 ab	12.5 ab	10.0 b	15.0 ab	17.5 a		
	1,500	30.0 a	22.5 a	12.5 bc	15.0 a	5.0 b	10.0 b	12.5 ab	12.5 a		
Avg. of rootstocks		20.6 a <sup>y</sup>	13.1 cde	13.9 cd	11.7 de	9.4 e	19.4 ab	13.9 cd	16.4 bc		
ANOVA <sup>x</sup>											
Rootstocks (A)						***					
DMSO (B)						NS					
IBA (C)						NS					
A x B						***					
B x C						NS					
A x C						**					
A x B x C						**					

<sup>z</sup>Means followed by the same letter within columns are not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>y</sup>Means followed by the same letter within row is not significantly different using Duncan's multiple range test,  $p \leq 0.05$ .

<sup>x</sup>NS, \*, \*\*, \*\*\* Not significant or significant at  $p \leq 0.05, 0.01, 0.001$ , respectively.

이러한 결과(Tables 4, 5)는 앞서 언급한 바와 같이 본 시험의 접목 방법인 오메가형 기계접(Fig. 1C)은 접목 성공률이 낮아[11,27], 특정 품종 및 대목 조합에서 오메가형 기계접은 접목 활착 후 4월 하순 이후로 포장에 이식하여 11월에 굴취하여도 지상부 및 근권부 생장이 저조하여 판매가 가능한 묘목의 생산 비율이 20~50% 정도로 낮았다는 보고[10,11,32]와 유사하였다. 즉, 본 시험에서 오메가형 기계접은 '흑보석' 품종에 적합하지 않은 접목 방법으로 생각되었는데(Tables 4, 5), 이는 본 시험이 진행된 영농조합법인에서 '흑보석'/SO 4 접삼목 포트묘 판매를 위해 본 시험과 동일한 시기에 절점으로 접목한 '흑보석'의 포도 포트묘(IBA 2,000 mg/L 단독 12시간 처리)의 판매 가능 포트묘 생산 비율이 30~40% 정도였던 결과(자료 미제시)에서 확인할 수 있었다.

과수 접목 시 대목 및 접수 부위에 IBA를 처리하면 접목 성공률이 증가한다는 보고[35]가 있다. 그러나 포도나무 접삼목묘에서는 IBA를 500 mg/L, 1,000 mg/L, 2,000 mg/L 농도로 대목 부위에 20초 침지 시 발근율은 IBA 처리농도가 높을수록 증가되었지만, 접목 성공률은 IBA 무처리구보다 낮았고, 그 경향은 접수 품종과 대목의 조합에 따라 달랐다는 보고[31]가 있다. 또한, 'Petite Sirah'/Dog-Ridge 포도 접삼목 묘 생산에서는 IBA 처리농도가 200~600 mg/L 정도일 경우 DMSO를 15% 혼용처리, IBA 처리농도가 1,000 mg/L 정도일 경우에는 DMSO를 10~15% 혼용 처리하는 것이 적합하였다는 학위논문(<http://hdl.handle.net/10150/275367>) 이 있다. 본 시험에서는 대목 요인의 경우 18808과 3309 C 대목의 평균 접목 성공률과 판매 가능 포트묘 생산 비율이 비교적 높았으며, DMSO 요인의 경우 평균 접목 성공률만 10% 처리구들이 DMSO 0%와 5% 처리구들보다 높았고, IBA 요인에서는 처리농도별 평균 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율의 차이는 없었다(Tables 4, 5). 그러나 DMSO와 IBA 혼용처리에 따른 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율 경향은 대목별로 달랐다(Tables 4, 5). 특히, 대목 중 접목 활착률, 발근율, 발아율, 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율이 모두 비교적 높아 '흑보석'과 접목 친화성이 가장 높았다고 판단된 3309 C 대목(Tables 1~5)의 경우 DMSO 0% + IBA 500 mg/L 처리구의 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율이 가장 높아 3309 C의 IBA 적정 처리농도는 500 mg/L 정도이고, DMSO는 처리하지 않는 것이 좋을 것으로 판단되었다(Tables 4, 5). 그러나 발아율, 접목 성공률, 판매 가능 포트묘 생산 비율이 가장 높았던 18808 대목은 DMSO 15% 처리구들의 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율이 DMSO 0% 처리구들보다 높은 경향이 있었고, DMSO 0% 처리에서는 IBA 1,500 mg/L 처리의 접목 성공률이 가장 높았다(Tables 3~5). 즉, 본 시험에서 '흑보석'과의 접목 친화성을 높일 수 있는 DMSO 및 IBA 혼용처리는 대목별로 다르다는 것을 확인할 수 있었다(Tables 4, 5).

## 결론

본 시험은 포도 '흑보석' 접삼목 포트묘 생산 관련 기초자료를 제공하고자, 3월 하순에 8종류 대목에 오메가형 기계접으로 접목한 '흑보석'을 9수준의 DMSO 및 IBA 혼합액에 각각 처리한 후 묘목들의 접목 활착률, 발근율, 발아율, 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율을 조사하였다. 그 결과를 요인별로 살펴보면, 대목의 경우 접목 활착률은 101-14 대목, 발근율은 3309 C 대목, 발아율과 접목 성공률은 18808 대목이 가장 높았고, 판매 가능 포트묘 생산 비율은 18808 및 3309 C가 높은 편이었다(Tables 1~5). 특히, 3309 C 대목은 접목 활착률, 발근율, 발아율, 접목 성공률, 판매 가능 포트묘 생산 비율이 모두 높은 편이어서 '흑보석'과 가장 접목 친화성이 높은 대목이라고 판단되었다(Tables 1~5).

DMSO 요인에서는 DMSO 처리농도가 높을수록 접목 활착률, 발아율, 접목 성공률이 높아지는 경향을 보였고(Tables 1, 3, 4), IBA 요인에서는 IBA 처리농도가 1,500 mg/L 정도로 높아지면 발근율이 감소되었다(Table 2). 그러나 이러한 DMSO와 IBA 혼용처리가 접목 성공률 및 판매 가능 포트묘 생산 비율에 미치는 영향은 대목에 따라 달랐다(Tables 4, 5). 예를 들어, 판매 가능 포트묘 생산 비율의 경우 RG 대목은 DMSO와 IBA의 혼용처리에 영향을 받지 않았지만, 18808 대목은 DMSO 10% + IBA 1,500 mg/L 혼용 처리구가 가장 높았던 반면에, 3309 C 대목은 DMSO 0% + IBA 500 mg/L 혼용 처리구가 가장 높았다(Table 5). 즉, '흑보석' 접삼목묘 생산을 위한 DMSO 및 IBA 혼용 처리농도는 대목에 따라 다르다는 것을 확인할 수 있었다(Tables 4, 5).

한편, 본 시험이 실시된 영농조합법인에서는 판매 목적으로 절점을 실시한 '흑보석'/SO 4 접삼목묘의 판매 가능 포트묘 생산 비율이 30~40% 정도였다고 하였다(자료 미제시). 본 시험에서는 오메가형 기계접으로 접목하였고, 이들 묘목들의 판매 가능 포트묘 생산 비율은 9~21% 정도로 너무 낮았다(Table 5). 즉, 오메가형 기계접은 '흑보석' 품종에 부적합한 접목 방법으로 생각되었기에 향후 '흑보석'의 접목 방법 연구가 필요하다고 생각되었다.

**Data Availability:** All data are available in the main text or in the Supplementary Information.

**Author Contributions:** J.-H. Park designed and led to the experiment; D.-H. Sagong wrote the first manuscript, searched the reference, performed the statistical analysis, revised the manuscript, provide critical feedback.

**Notes:** The authors declare no conflict of interest.

#### Additional Information:

**Supplementary information** The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.06>

**Correspondence and requests for materials** should be addressed to Dong-Hoon Sagong.

**Peer review information** Korean Journal of Environmental Agriculture thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Reprints and permissions information** is available at <http://www.korseaj.org>

## References

1. Jung M, Kwon Y, Lee B, Park HS (2014) Fruit quality and harvest time of 'Heukboseok' grape by fruit load. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 32(3), 289-295. <https://doi.org/10.7235/hort.2014.13121>.
2. Jung M, Lee B, Park YS, Oh JP, Kim HS, Park HS (2015) Characteristics of the fruits and flesh softening delay induced by GA3 and thidiazuron (TDZ) treatment in 'Heukboseok' grape. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 33(2), 186-195. <https://doi.org/10.7235/hort.2015.14100>.
3. Jang EH, Jeong SM, Park KS, Lim BS (2013) Contents of phenolic compounds and trans-resveratrol in different parts of Korean new grape cultivars. *Korean Journal Food Science and Technology*, 45(6), 708-713. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2013.45.6.708>.
4. Lee SH, Song MK, Choi WH, Lee YS, Jung SM, Noh JH, Nam JC (2015) Effect of the shading conditions on the photosynthesis and fruit quality of 'Jarang' and 'Heukboseok' grape at high temperature period. *The Journal of the Korean Society of International Agriculture*, 27(2), 221-225. <https://doi.org/10.12719/KSIA.2015.27.2.221>.
5. Jeon J, Joo H, Lee SH, Choi YM, Choung MG (2020) Vitamin B1, B2, and B3 contents of grape cultivated in Korea. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 49(8), 814-821. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2020.49.8.814>.
6. Kim JH, Kim JC, Ko KC, Kim KR, Lee JC (1998) *Special Pomology*, pp. 245-252, 1st edition, Hyangmoonsha Press, Korea.
7. Jaleta A, Sulaiman M (2019) A review on the effect of rooting media on rooting and growth of cutting propagated grape (*Vitis vinifera* L.). *World Journal of Agriculture and Soil Science*, 3(4), 1-8. <https://doi.org/10.33552/WJASS.2019.03.000567>.
8. Sabir A (2011) Comparison of green grafting techniques for success and vegetative development of grafted grape cultivars (*Vitis* spp.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(4), 628-630.
9. Dolgun O, Ulas SS, Teker T (2016) Determination of graft success of grape cultivars grafted on two different rootstock. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 15(4), 135-145.
10. Bekar T (2019) Grafting performance of some wine grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars grafted on different American grapevine rootstock. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5975-5985. [https://doi.org/10.15666/aeer/1703\\_59755985](https://doi.org/10.15666/aeer/1703_59755985).
11. Park JH, Park GH, Sagong DH (2024) Influence of grafting methods on production of grape 'Campbell Early'/3309C nursery stock. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 43, 11-21. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2024.43.02>.
12. Kang SB, Moon YE, Kweon HJ, Park MY, Park WJ, Sagong DH (2016) Effect of exposed length of rootstocks on the occurrence of bitter pit and tree vigor of 'Gamhong'/M.26 apple cultivar. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 49(5), 449-455. <https://doi.org/10.7745/KJSSF.2016.49.5.449>.
13. Andrews PK, Marquez CS (1993) Graft incompatibility. *Horticultural Review*, 15(5), 183-232.
14. Adhikari PB, Xu Q, Notaguchi M (2022) Compatible graft establishment in fruit trees and its potential markers. *Agronomy*, 12(8), 1981-1996. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081981>.
15. Hur YY, Choi YJ, Kim EJ, Yoon MS, Park YS, Jung SM, Noh JH, Park SJ, Ma KH, Park KS (2012) Analysis of genetic relationship of grape rootstock cultivars and wild *Vitis* species using RAPD and SSR markers. *Korean Journal of Breeding Science*, 44(1), 19-28.
16. Yim YJ (2015) *Fruit Science General*, pp. 94-95, 99, 102-103, 108-110, 155-156, 1st edition, Hyangmoonsha Press, Korea.
17. Ha W, Shin H, Lim HK, Oh Y, Han H, Kim K, Oh, S, Kwon Y, Kim D (2019) Growth of one-year-old pot-cultivated 'Fuji'/M.9 apple trees under different concentrations of nitrogen fertilization. *Korean Journal Plant Resources*, 32(5), 499-508. <https://doi.org/10.7732/kjpr.2019.32.5.499>.

18. Miller DP, Howell GS, Flore JA (1996) Effect of shoot number on potted grapevines: I. canopy development and morphology. *American Journal of Enology and Viticulture*, 47(3), 244-250. <https://doi.org/10.5344/ajev.1996.47.3.244>.
19. Miller DP, Howell GS, Flore JA (2015) Influence of shoot number and crop load on potted Chambourcin grapevines. II: Whole-vine vs. single-leaf photosynthesis. *VITIS-Journal of Grapevine Research*, 36(3), 109-114.
20. Poni S, Giachino E (2000) Growth, photosynthesis and cropping of potted grapevines (*Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon) in relation to shoot trimming. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(3), 216-226. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00182.x>.
21. Kim SH, Kim HL, Kang SK, Kwack YB (2019) Adventitious rooting of cherry dwarfing rootstock 'Gisela 5' in semi-hardwood cuttings. *Journal of Practical Agriculture and Fisheries Research*, 21, 5-13.
22. Ghangale TS, Patil RA, Ralebhat BN, Patil OB, Hinge AM (2021) Effect of IBA and cutting thickness on growth attributes of grape rootstocks (*Vitis vinifera* L.). *The Pharma Innovation Journal*, 10(12), 58-66.
23. Ausari PK, Soni N, Kanpure RN, Ninama N, Bhandari J (2023) Effect of indole-3-butyric acid (IBA) on hardwood cutting of grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Pusa Navrang. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(12), 61-69. <https://doi.org/10.9734/ijec/2023/v13i123661>.
24. Abul H, Jaganath S, Honnabyraiah MK, Mohan Kumar S, Anil Kumar S, Dayamani, KJ (2018) Effect of biofertilizers and auxin on total chlorophyll content of leaf and leaf area in pomegranate (*Punica granatum* L.) cuttings. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 6(1), 987-991. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.6207>.
25. Starbuk CJ, Preczewski JL (1986) Effect of root-applied IBA on root and shoot growth of dwarf peach trees. *Journal of Environmental Horticulture*, 4(3), 80-82.
26. Hocking PJ, Thomas MB (1980) Rooting of cuttings of *Senecio greyi*: Effect of IBA in combination with DMSO, benomyl, and captan. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 8(1), 49-54. <https://doi.org/10.1080/03015521.1980.10426232>.
27. Çelik H (2000) The effects of different grafting methods applied by manual grafting units on grafting success in grapevines. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(4), 499-504.
28. Singh N, Kaur G (2018) Study on time and method of grafting on the graft success in grape. *Journal of Krishi Vigyan*, 6(2), 264-271. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2018.00184.8>.
29. Verma SK, Singh SK, Kumar A (2018) Evaluation of different grafting methods in grape cv. Pusa Urvashi. *International Journal of Agricultural Invention*, 3(1), 105-107. <https://doi.org/10.46492/IJAI/2018.3.1.22>.
30. Abourayya MS, Nabila KE, Abd-Allah ASE, Amal RAM (2019) Effect of grafting date and rootstock type on vegetative growth parameters of Flame seedless grape grafted on three nematode resistant rootstocks. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 8(4), 967-972. <https://doi.org/10.36632/mejar/2019.8.4.1>.
31. Köse C, Güleriyüz M (2006) Effects of auxins and cytokinins on graft union of grapevine (*Vitis vinifera*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 34(2), 145-150. <https://doi.org/10.1080/01140671.2006.9514399>.
32. Karabulut B, Çelik H (2022) Determination of grafting success and carbohydrate distributions of foxy grape (*Vitis labrusca* L.) varieties grafted on different American grape rootstocks. *Horticulturae*, 8(10), 949-957. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8100949>.
33. Kim CS, Lee CH, Park HS, Lee GP (2005) *In vitro* grafting of grape with phylloxera resistant rootstock cultivars. *VITIS-GEILWEILERHOF*, 44(4), 195-196.
34. Park GW, Lee CH (1999) *New Horticultural Propagation*, pp. 242-248, 254-255, 264-268, 281-283, 1st edition, Hyangmoonsha Press, Korea.
35. Kim JH, Kim JC, Ko KC, Kim KR, Lee JC (1996) *General Pomology*, pp. 101-106, 1st edition, Hyangmoonsha Press, Korea.
36. Lee S, Lee KB, Park JB (2000) Effects of dimethylsulfoxide on the cell wall regeneration and cell division of protoplasts isolated from *Panax ginseng* callus. *Korean Journal of Plant Tissue Culture*, 27(6), 429-434.
37. Kroin J (1992) Advances using indole-3-butyric acid (IBA) dissolved in water for rooting cuttings, transplanting, and grafting. *Combined Proceedings International Plant Propagators Society*, 42, 489-492.