

지황의 공정묘 생산을 위한 플러그 트레이 파종 방법

황정훈¹ · 박은원¹ · 황희성² · 황소영¹ · 유진¹ · 황승재^{3,4,5*}

¹경상국립대학교 응용생명과학부 대학원생, ²경상국립대학교 작물생산과학부 대학원생,
³경상국립대학교 농업생명과학대학 원예과학부 교수, ⁴경상국립대학교 농업생명과학연구원 교수,
⁵경상국립대학교 생명과학연구원 교수

Sowing Method in Plug Tray for Production of Plug Seedlings of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud.

Jeong Hun Hwang¹, Eun Won Park¹, Hee Sung Hwang², So Yeong Hwang¹,
Jin Yu¹, and Seung Jae Hwang^{3,4,5*}

¹Graduate Student, Division of Applied Life Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

²Graduate Student, Division of Crop Science, Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

³Professor, Division of Horticultural Science, College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁴Professor, Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

⁵Professor, Research Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

Abstract. Conventionally, the seeds of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. have been directly sown at the field without using the plug seedling method. Plug seedlings have the advantage of promoting germination and convenient transplanting. However, there is little information about propagation of *R. glutinosa* using the plug seedling method. This study was conducted to investigate the optimal seed rhizome length, diameter, and sowing direction of *R. glutinosa* for establishing the plug seedling method. Seed rhizome length and diameter were separated by 1, 2, 3 cm and 0.3–0.5, 0.6–1.0, 1.1–1.5 cm, respectively. And seed rhizomes were sown in vertical and horizontal directions. The survival rate in 1 cm length of seed rhizomes was lower than in other treatments. The leaf length, leaf width, number of leaves, SPAD, leaf area, and fresh and dry weights of shoot and roots were the greatest in 3 cm length of seed rhizomes. As the seed rhizome diameter decreased, the growth characteristics of *R. glutinosa* tended to increase. When *R. glutinosa* was sown horizontal direction, the leaf length, leaf width, number of leaves, and leaf area were significantly higher than in the vertical direction. In conclusion, when sowing seed rhizome in a plug tray, using a length of 3 cm, a diameter of less than 1 cm, and sowing in a horizontal direction is considered an appropriate sowing method for *R. glutinosa*.

Additional key words: seed rhizome, seed rhizome diameter, seed rhizome length, sowing direction

서 론

지황[*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch ex Steud.]은 현삼과(Scrophulariaceae)에 속하는 다년생 숙근초로 한국을 비롯한 일본, 중국, 그리고 베트남 등지에 분포하는 약용작물이다(Jeong 등, 2004; Lee 등, 2020). 주요 성분은 catalpol, rehmanin, carotene, β -sitosterol, 5-HMF(5-hydroxymethyl-furfural), vitamin A, glucose, raffinose, 그리고 mannotriose

등이며(Morota 등, 1989; Park 등, 1989), 항산화, 항알레르기, 항종양, 그리고 당뇨병 증상 완화 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Chao 등, 2006; Kim 등, 2011; Kim 등, 2018; Shieh 등, 2011). 이뿐만 아니라 십전대보탕과 쌍화탕의 재료로 사용되며, 지황 뿌리 추출물은 한방 화장품, 모발관리제 등으로 이용되고 있다(Ma 등, 2000; Park, 2012).

국내에서는 ‘지황1호’, ‘대경 지황’, ‘고려 지황’, ‘토강’과 ‘한방애’ 품종을 충남 금산, 전북 정읍, 그리고 경북 안동 등에서 재배하고 있다(Lee 등, 2020; RDA, 2019). 국내에서 지황은 타식성 식물로 종자번식에 따른 개체변이가 심하여 길이 6cm, 직경 6mm의 종근(seed rhizome)을 노지에 수평으로 파

*Corresponding author: hsj@gnu.ac.kr

Received May 30, 2023; Revised July 1, 2023;

Accepted July 3, 2023

종하는 직파 방법을 통해 재배하고 있으나 현재까지 공정묘 육묘 방법을 적용한 지황 공정묘 생산 기술은 보급되지 않았다 (Park 등, 1998; RDA, 2019).

지황은 재배하는 지역의 토질과 기후에 따라 품질과 약리 성분의 함량이 달라지는데, 재래적으로 사용하는 직파방식이 아닌 공정묘 육묘 방식을 통해 생산된 묘를 사용하면 재배 지역에 따른 생산물의 품질 차이를 줄일 수 있다(Lee 등, 2020). 공정묘는 소량의 배지가 담긴 플러그 트레이에서 개별로 구분된 셀을 기준으로 생산된 묘를 의미한다(Jeong 등, 2016). 공정묘 육묘를 통해 생산되는 묘는 품질이 균일하며, 성장 속도가 빠를 뿐만 아니라, 공간 이용효율이 높고, 정식에 용이하다 (Calson 등, 1992; Jeong 등, 2016; Park 등, 2011).

현재 지황은 건지황을 만들기 위한 가공 조건에 관한 연구, 건지황과 숙지황의 생리활성 비교에 관한 연구 등 재배 산물의 이용을 위한 연구가 주로 수행되었다(Ahn 등, 1999; Kang 등, 2016; Park 등, 1989). 육묘에 관한 연구는 보식용 지황 플러그 육묘를 위한 적정성 평가와 플러그 육묘 기간에 관한 연구가 수행되었다(Lee 등, 2019a, 2019b; Lee 등, 2020). 따라서, 보식용이 아닌 지황의 공정묘 육묘 체계 확립을 위한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 지황 종근의 플러그 트레이 파종 시 종근의 길이, 굵기 및 파종 방향을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 재배환경

본 실험은 지황[*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud.] ‘토강’ 품종에서 채취한 종근을 채소 작물 육묘용 상토(Baroker, Seoulbio Co., Ltd., Eumseong, Korea)가 충전된 50구 플러그 트레이에 2022년 6월 16일에 파종하였다.

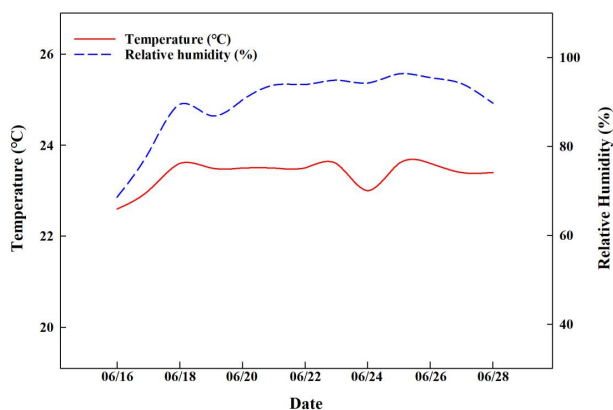


Fig. 1. The changes of temperature and relative humidity in walk-in-chamber during 13 days after sowing.

총 육묘기간은 33일이었으며, 파종 후 23°C로 설정된 워크인 챔버에서 13일간 발아 후 벤로형 유리온실로 옮겨 21일간 육묘하였다. 온습도 데이터 로거(TR-74Ui, T&D Co., Ltd., Matsumoto, Japan)를 이용하여 워크인 챔버와 온실 내의 온습도를 측정하였다. 측정된 워크인 챔버 내부의 평균 상대습도는 89.8±2.2%, 평균 온도는 23.4±0.1°C이며(Fig. 1), 온실 내부의 평균 상대습도는 68.1±1.8%, 평균 온도는 30±0.5°C 였다(Fig. 2).

2. 지황 종근 길이, 굵기와 파종 방향

지황 종근의 길이는 직경이 0.5–1.0cm인 영양번식체를 선발하여 1, 2와 3cm로 절단한 후 수평 방향으로 파종하였다. 지황 종근을 길이 2cm로 절단한 후 굵기를 0.3–0.5cm, 0.6–1.0cm와 1.1–1.5cm로 선발하여 수평 방향으로 파종하였다. 지황 종근의 적정 파종 방향은 0.5–1.0cm의 직경을 가진 영양번식체를 2cm로 절단한 후 수평 방향(horizontal)과 수직 방향(vertical)으로 나눠 파종하였다. 모든 실험은 같은 기간 동안, 같은 온실 내에서 독립적으로 수행되었다.

3. 생육조사

파종 후 33일째에 각 처리 별 생존한 개체를 모두 선발하여 엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 엽면적, 경경, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중을 측정하였다. SPAD 값은 엽록소 측정기 (SPAD-502, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 완전히 전개된 잎을 측정하였고, 엽면적은 엽면적 측정기 (LI-3000, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 측정하였다. 경경은 버니어캘리퍼스(CD-20CPX, Mitutoyo Co., Ltd., Kawasaki, Japan)를 이용하여 지제부 상단 2cm를 측정하였다. 지상부의 생체중과 건물중은 전자저울(EW220-

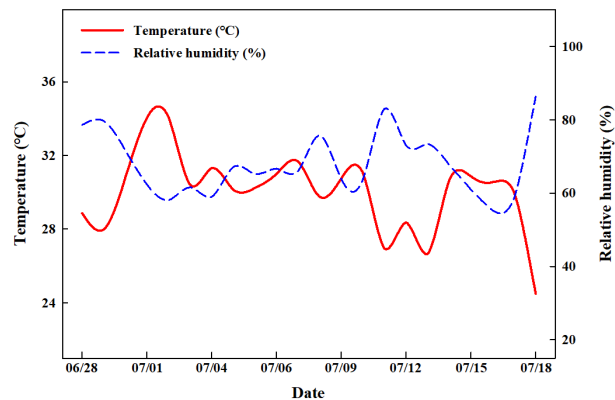


Fig. 2. The changes of temperature and relative humidity during 21 days in greenhouse.

3NM, Kern&Sohn GmbH., Balingen, Germany)을 이용하여 측정하였고, 건물중은 시료를 향한 건조기(Venticell-222, MMM Medcenter Einrichtungen GmbH., Planegg, Germany)를 이용하여 70°C에서 72시간 건조시킨 후 측정하였다. 묘의 지하부를 채취하여 WinRhizo Pro 2007a 형태분석시스템(Regent Instruments Inc., Sainte-Foy, QC, Canada)을 이용하여 처리 별 총 근장, 뿌리 부피, 뿌리 표면적, 평균 뿌리 직경, 근단 수를 측정하였다.

4. 실험설계 및 통계분석

실험은 처리당 50개체씩 3반복의 난괴법으로 배치하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(SAS 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 평균 간 비교는 최소유의차 검정을 이용하여 5% 유의수준에서 각 처리 간 유의성을 검증하였다. 그래프는 SigmaPlot 프로그램(SigmaPlot 14.5, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA)을 이용하여 나타냈다.

결과 및 고찰

지황 종근의 길이에 따른 생육 특성은 Table 1과 Fig. 3과 같다. 종근의 길이가 1cm인 것은 출아가 전혀 되지 않았고, 엽면적은 종근 길이 3cm에서 111.73cm²로 유의적으로 높은 값을 보였다. 엽폭과 지상부의 건물중 또한 각각 3.70cm, 0.25g으로 유의적으로 높은 값을 나타냈다. 영양번식 시 식물체의 탄

수화물 함량이 높을수록 유식물체의 발생에 긍정적인 영향을 끼친다(Jeong 등, 2020). 영양번식을 이용하는 강황은 종근의



Fig. 3. Seedlings of *Rehmannia glutinosa* Libosch. 'Togang' as affected by seed rhizome length at 33 days after sowing.

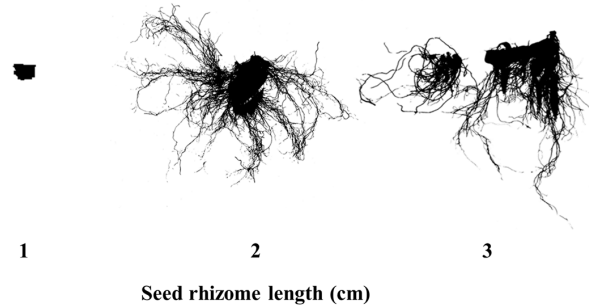


Fig. 4. Root images of seedling of *Rehmannia glutinosa* Libosch. 'Togang' as affected by seed rhizome length at 33 days after sowing.

Table 1. Growth characteristics of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. 'Togang' as affected by seed rhizome length.

Rhizome length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
							Shoot	Root	Shoot	Root
1	- ^z	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5.6 a ^y	2.89 b	14 a	32.59 a	68.84 b	1.33 a	1.90 a	0.82 a	0.15 b	0.077 a
3	6.7 a	3.70 a	13 a	36.10 a	111.73 a	1.38 a	2.78 a	1.28 a	0.25 a	0.126 a

^zNo emergence observed.

^yMean separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

Table 2. Root characteristics of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. 'Togang' as affected by seed rhizome length.

Rhizome length (cm)	Total root length (cm)	Root volume (cm ³)	Root surface area (cm ²)	Root average diameter (mm)	Number of root tips
1	- ^z	-	-	-	-
2	245.3 a ^y	0.64 a	37.7 a	0.55 a	875.5 a
3	189.7 a	0.49 a	37.7 a	0.70 a	676.0 a

^zNo emergence observed.

^yMean separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

크기가 클수록 생육 초기에 이용되는 양분이 많아 잎과 위경의 건물중, 엽면적이 유의적으로 증가하였다(Hossain 등, 2005). 또한, 영양번식을 이용하는 유색 칼라와 오리엔탈 나리 구근의 크기가 클수록 파종하였을 때 출아율이 높고 지상부의 생육이 우수하였다(Choi 등, 2002; Ko 등, 2012). 따라서 같은 두께의 종근에서 영양번식에 사용되는 지황 종근의 길이가 길수록 출아에 이용 가능한 탄수화물의 양이 많아 출아율과 이후 생육이 우수한 것으로 판단된다. 총 근장, 뿌리 부피, 뿌리 표면적, 평균 뿌리 직경과 근단 수는 처리 간에 유의적인 차이가 없었다(Table 2, Fig. 4). Lee 등(2019a)은 지황의 근경이 육묘 40일경부터 근경의 비대가 일어난다고 보고하였다. 따라서, 본 연구에서 33일간 육묘를 진행하였기 때문에 근경 비대기까지의 기간이 부족하여 지하부 생육에 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 판단된다.

파종 종근의 굵기에 따른 초기 지황묘의 생육은 종근 굵기 1.1 - 1.5cm에서 엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 엽면적, 경경, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중이 유의적으로 낮았다(Table 3, Fig. 5). 또한 종근 굵기 1.1 - 1.5cm에서 뿌리 부피, 평균 뿌리 직경이 다른 처리에 비해 유의성 있게 감소하였다(Table 4, Fig. 6). Kang 등(1998)은 마의 끝부분과 머리 부분을 종근으로 사용할 경우 수량이 중간부와 최상부를 사용한 것보다 유의적으로 높다고 보고하였다. 따라서 종근의 굵기가 1.0cm 이하인 종근을 사용하면 지상부와 지하부의 생육이 우수한 지황묘를 육묘할 수 있을 것으로 판단된다.

파종 방향에 따른 생육 특성은 수평 방향 파종이 수직 방향 파종에 비해 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적, 지상부의 건물중과 지

하부의 생체중 및 건물중이 유의적으로 높았다(Table 5, Fig. 7). 지황묘의 지하부 생육은 수평 방향으로 파종하였을 때 수직 방향과 비교하여 총 근장, 뿌리 부피, 뿌리 표면적, 근단 수가 유의적으로 증가하였다(Table 6, Fig. 8). Choi(1997)는 지황 종근을 노지에 수평으로 파종할 때 근장과 총생산량이 유



Fig. 5. Seedlings of *Rehmannia glutinosa* Libosch. 'Togang' as affected by seed rhizome diameter at 33 days after sowing.

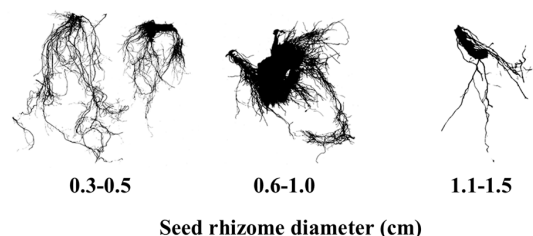


Fig. 6. Root images of seedling of *Rehmannia glutinosa* Libosch. 'Togang' as affected by seed rhizome diameter at 33 days after sowing.

Table 3. Growth characteristics of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. 'Togang' as affected by seed rhizome diameter.

Rhizome diameter (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
							Shoot	Root	Shoot	Root
0.3-0.5	7.77 a ²	3.70 a	17 a	31.8 a	122.81 a	1.52 a	3.48 a	1.26 a	0.246 a	0.056 b
0.6-1.0	5.70 ab	2.85 ab	13 a	30.4 a	40.20 b	1.39 a	1.45 b	0.83 a	0.110 ab	0.102 a
1.1-1.5	4.15 b	2.20 b	8 b	26.7 b	19.01 c	0.76 b	0.62 b	0.07 b	0.043 b	0.003 c

²Mean separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

Table 4. Root characteristics of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. 'Togang' as affected by seed rhizome diameter.

Rhizome diameter (cm)	Total root length (cm)	Root volume (cm ³)	Root surface area (cm ²)	Root average diameter (mm)	Number of root tips
0.3-0.5	241.8 a ²	0.46 ab	31.14 a	0.77 ab	838.8 a
0.6-1.0	95.0 a	0.50 a	21.32 a	1.24 a	384.0 a
1.1-1.5	72.6 a	0.04 b	6.00 a	0.26 b	268.5 a

²Mean separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

Table 5. Growth characteristics of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. ‘Togang’ as affected by seed rhizome sowing direction.

Sowing direction	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	SPAD	Leaf area (cm ²)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g)		Dry weight (g)	
							shoot	root	shoot	root
Horizontal	9.10 a ^z	4.69 a	17 a	37.62 a	168.43 a	1.95 a	4.38 a	1.43 a	0.37 a	0.138 a
Vertical	7.23 b	3.71 b	9 b	35.56 a	84.98 b	2.28 a	2.79 a	0.94 b	0.24 b	0.053 b

^zMean separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

Table 6. Root characteristics of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. ‘Togang’ as affected by seed rhizome sowing direction.

Sowing direction	Total root length (cm)	Root volume (cm ³)	Root surface area (cm ²)	Root average diameter (mm)	Number of root tips
Horizontal	259.9 a ^z	0.83 a	49.1 a	0.81 a	965.3 a
Vertical	103.3 b	0.43 b	21.7 b	0.84 a	443.5 b

^zMean separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

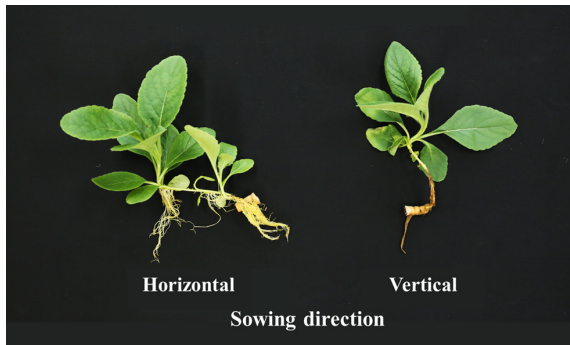


Fig. 7. Seedlings of *Rehmannia glutinosa* Libosch. ‘Togang’ as affected by sowing direction of seed rhizome at 33 days after sowing.

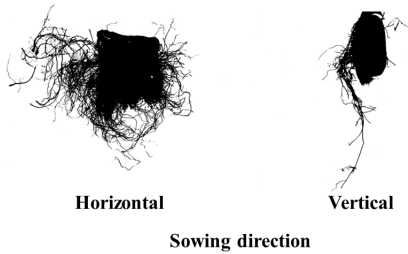


Fig. 8. Root images of seedling of *Rehmannia glutinosa* Libosch. ‘Togang’ as affected by sowing direction of seed rhizome at 33 days after sowing.

의성 있게 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 지황을 트레이에 수평 방향으로 파종할 경우 노지에 파종했을 때와 마찬가지로 지하부 생육을 증진시킬 수 있는 것으로 확인되었다. 많은 식물이 종자번식보다 영양번식 시 수평 방향으로 뿌리가 발달하는 경향을 보인다고 보고되었다(Li 등, 2022; Libby, 1974). 파종 방향에 따른 생육 및 수량의 변화는 양수

분의 흡수와 표면적의 차이 등 다양한 생리적, 물리적 요인이 작용한 것으로 판단된다.

이상의 결과들을 종합하면, 종근 길이가 길어짐에 따라 지상부의 생육이 증가하는 경향을 보였으며, 종근 굵기는 1.0cm 이하에서 지상부와 지하부의 생육이 유의적으로 좋았다. 지황 종근의 파종 방향은 수평으로 파종 시 지상부와 지하부의 생육이 우수하였다. 따라서 지황의 공정육묘 시, 트레이에 종근 길이 3cm로 절단 후, 굵기 1.0cm 이하의 종근을 수평 방향으로 파종하면 우수한 품질의 지황 플러그 묘를 생산할 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

일반적으로 지황[*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch ex Steud.]은 플러그 묘를 사용하지 않고 노지에 파종한다. 플러그 묘는 발아 촉진과 이식이 편리한 장점이 있다. 그러나 지황의 플러그 육묘를 이용한 번식에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 공정육묘 방법 확립을 위한 지황의 최적 종근 길이, 굵기 및 파종 방향을 조사하기 위해 수행되었다. 종근의 길이는 1, 2, 3cm로 구분하였고, 굵기는 각각 0.3–0.5, 0.6–1.0, 1.1–1.5cm로 구분하였다. 그리고 종근은 수직 및 수평 방향으로 파종하였다. 종근 길이 1cm 처리에서 생존율이 유의적으로 낮았다. 엽장, 엽폭, 엽수, SPAD, 엽면적, 지상부와 지하부의 생체중 및 건물중은 3cm 길이에서 가장 높았다. 지황의 종근 굵기가 감소할수록 묘의 생육이 증가하는 경향을 보였다. 지황의 종근을 수평 방향으로 파종하였을 때 엽장, 엽폭, 엽수, 엽면적은 수직 방향보다 유의하게 높았다. 결론적으로 지황 종근을 플러그 트레이 파종할 때, 길이 3cm로 절단한 뒤 굵기 1.0cm 이하의 종근을 수평 방향으로 파종하는 것이

적절한 방법으로 판단된다.

추가 주제어: 종근, 종근 굵기, 종근 길이, 파종 방향

사 사

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: RS-2022-RD010298)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Literature cited

- Ahn S.W., Y.G. Kim, M.H. Kim, H.Y. Lee, and N.S. Seong 1999, Comparison of biological activities on *Rhemannia radix* and *R. radix preparata* produced in Korea. Korean J Med Crop Sci 7:257-262. (in Korean)
- Calson W.H., M.P. Kaczperski, and E.M. Rowley 1992, Bedding plants. In R.A. Larson, ed., Introduction to Floriculture. Ed 2. Academic Press, New York, NY, USA, pp 511-550.
- Chao J.C., S.W. Chiang, C.C. Wang, Y.H. Tsai, and M.S. Wu 2006, Hot water-extracted *Lycium barbarum* and *Rehmannia glutinosa* inhibit proliferation and induce apoptosis of hepatocellular carcinoma cells. World J Gastroenterol 12:4478-4484. doi:10.3748/wjg.v12.i28.4478
- Choi I.S. 1997, Effect of planting method on the growth and yield of *Rehmannia glutinosa* Liboschitz. Korean J Plant Res 10:140-144. (in Korean)
- Choi S.R., H.C. Lim, D.C. Choi, S.J. Choi, J. Ryu, Y.G. Choi, and J.S. Eun 2002, Growth and tuber development of 'Black Magic' calla lily as affected by the rain shelter and tuber size. J Bio-Env Con 11:193-198. (in Korean)
- Hossain M.A., Y. Ishimine, H. Akamine, and K. Motomura 2005, Effects of seed rhizome size on growth and yield of turmeric (*Curcuma longa* L.). Plant Prod Sci 8:86-94. doi: 10.1626/pp.s.8.86
- Jeong B.R., S.J. Hwang, and N.J. Kang 2016, Plug seedling production. Gyeongsang National University Press, Jinju, Korea, p 11. (in Korean)
- Jeong B.R., Y.K. Park, S.J. Hwang, and N.J. Kang 2020, Modern horticultural plant propagation and seedling. Gyeongsang National University Press, Jinju, Korea, pp 66-206. (in Korean)
- Jeong J.H., K.W. Yu, S.J. Kim, Y.E. Choi, and K. Y. Paek 2004, Plant regeneration from adventitious roots of *Rehmannia glutinosa* Liboschitz and bioreactor culture. Korean J Plant Biotechnol 31:55-60. (in Korean) doi:10.5010/JPB.2004.31.1.055
- Kang D.K., J.H. Cho, S.K. Kim, G.G. Min, S.H. Chung, and B.S. Choi 1998, Effect of seminal sections of tuber and staking methods on growth and yield of Chinese yam (*Dioscorea batatas* Decne). Korean J Med Crop Sci 6:170-175. (in Korean)
- Kang Y.M., K.Y. Lee, M.S. Kim, J.E. Choi, and B.C. Moon 2016, Optimization of in vitro cultures for production of seedling and rootstock of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) DC. J Agric Life Sci 50:81-93. (in Korean) doi:10.14397/jals.2016.50.5.81
- Kim H.J., J.Y. Lee, B.R. You, D.E. Soo, and M.R. Kim 2011, Antioxidant activities of *Rehmannia glutinosa* by traditional methods. Korean J Med Crop Sci 19:341-346. (in Korean) doi:10.7783/KJMCS.2011.19.5.341
- Kim N.S., D.J. Choi, E.J. Choi, J.H. Lee, S. Park, Y.S. Lee, J.W. Lee, D.Y. Lee, G.S. Kim, and S.E. Lee 2018, Screening and evaluation of the anti-allergic effect of Korean medicinal plant extracts. Korean J Med Crop Sci 26:42-54. (in Korean) doi:10.7783/KJMCS.2018.26.1.42
- Ko J.Y., K.J. Choi, D.K. Hong, and H.S. Noh 2012, Effect of different bulb size and culture altitude for bulb enlargement of *Lilium* oriental hybrid. Flower Res J 20:142-147.
- Lee S.H., S.C. Koo, M. Hur, W.M. Lee, M.S. Park, and J.W. Han 2019a, Investigation of emergence conditions and plug seedling periods in *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. Korean J Med Crop Sci 27:271-277. (in Korean) doi:10.7783/KJMCS.2019.27.4.271
- Lee S.H., S.U. Kang, S.H. Lee, S.C. Koo, M. Hur, M.L. Jin, W.M. Lee, M.S. Park, Y.B. Kim, and J.W. Han 2019b, Appropriateness evaluation of plug seedling cultivation for replanting of *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. Korean J Med Crop Sci 27:202-207. (in Korean) doi:10.7783/KJMCS.2019.27.3.202
- Lee S.H., Y.J. Lee, M.W. Oh, S.H. Lee, S.C. Koo, M. Hur, W.M. Lee, J.K. Chang, E.H. Kim, and J.W. Han 2020, Appropriateness evaluation of plug seedling cultivation of *Rehmannia glutinosa*. Korean J Plant Res 33:73-79. (in Korean) doi:10.7732/kjpr.2020.33.2.073
- Li L., X. Deng, T. Zhang, Y. Tian, X. Ma, and P. Wu 2022, Propagation methods decide root architecture of Chinese fir: evidence from tissue culturing, rooted cutting and seed germination. Plants 11:2472. doi:10.3390/plants11192472
- Libby W.J. 1974, The use of vegetative propagules in forest genetics and tree improvement. N Z J For Sci 4:440-447.
- Ma J.Y., C.S. Ha, H.J. Sung, and O.P. Zee 2000, Hemopoietic effects of Rhizoma Rehmanniae Preparata on cyclophosphamide-induced pernicious anemia rats. Korean J Pharmacogn 31:325-334. (in Korean)
- Morota T., H. Sasaki, H. Nishimura, K. Sugama, M. Chin, and H. Mitsahashi 1989, Two iridoid glycosides from *Rehmannia glutinosa*. Phytochemistry 28:2149-2153. doi:10.1016/S0031-9422(00)97934-2
- Park B.Y., S.M. Chang, and J. Choi 1989, Relationships between the inorganic constituents and the catalpol and sugar contents in the rhizoma of *Rehmannia giutinosa*. J Korean Agric Chem Soc 32:249-254. (in Korean)

- Park C.H., N.S. Seong, K.Y. Paek, and H.S. Choi 1998, Virus-free healthy plant production through meristem culture in chinese foxglove (*Rehmannia glutinosa*). Korean J Plant Tissue Cult 25:273-276. (in Korean)
- Park K.H., H.T. Park, H.S. Han, and D.P. Lee 2011, A study on the current state and development strategies of raising seedlings industry. Korea Rural Economy Institute, Naju, Korea. (in Korean)
- Park K.R. June 05, 2012. Oriental hair restorer and the method using the same. Korean Intellectual Property Office No.1011 555020000
- RDA 2019, Agriculture technology guide 7: Medical plant. Rural Development Administration, Wanju, Korea, pp 175-182. (in Korean)
- Shieh J.P., K.C. Cheng, H.H. Chung, Y.F. Kerh, C.H. Yeh, and J.T. Cheng 2011, Plasma glucose lowering mechanisms of catalpol, an active principle from roots of *Rehmannia glutinosa*, in streptozotocin-induced diabetic rats. J Agric Food Chem 59:3747-3753. doi:10.1021/jf200069t