



지황의 출아조건 및 플러그 육묘기간 구명 연구

이상훈* · 구성철* · 허목* · 이우문* · 박민수** · 한종원***†

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **공주대학교 생물교육학과

Investigation of Emergence Conditions and Plug Seedling Periods in *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud.

Sang Hoon Lee*, Sung Cheol Koo*, Mok Hur*, Woo Moon Lee*, Min Su Park** and Jong Won Han***†

*Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

**Department of Biology Education, Kongju National University, Gongju 32588, Korea.

ABSTRACT

Background: *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud. has long been used as a traditional medicinal plant in Korea. This study was carried out to investigate the emergence conditions during the seedling periods in *R. glutinosa*.

Methods and Results: The rhizomes of *R. glutinosa* variety (Jihwang 1) were harvested in the 22, March, 2018. The rhizomes were sown on in 50-cell plug trays. The emergence rates of seedlings at 15 °C, 20 °C, 25 - 40 °C, and 45 °C treatment seedling were 1.3%, 96%, 100% and 0%, respectively. Rhizome rot was occurred at the temperature of 15 °C and 45 °C. The emergence rates of seedlings in high moisture (HM), moderate moisture (MM) and low moisture (LM) treatments at 35 °C were 99.3%, 100%, and 0%, respectively. Drought damage was recorded in plant with the LM treatment. Seedling quality surveys were carried out at 10-days intervals from 10 to 60 days after sowing (DAS). Leaf length and leaf width were increasing until 50 DAS and the number of leaves was increasing until 60 DAS. Root length was increasing until 40 DAS, and then, flowering occurred from 30 to 60 DAS. Lastly, at 40 DAS, leaf aging and root enlargement was observed.

Conclusions: We concluded that the emergence of seedlings was possible in the range of 20 to 40 °C. Considering drying and rotting damage, we concluded that the moderate level of moisture is most appropriate for seedling emergence. In addition, we concluded that optimal seedling periods are between 30 and 40 DAS.

Key Words: *Rehmannia glutinosa*, Emergence Condition, Seedling Period, Soil Moisture, Temperature

서 언

지황 [*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud.]은 중국 원산의 다년생 초본으로 중국, 한국, 베트남 등지에서 분포한다. *Rehmannia* 속에는 7 개의 종이 있으며, 이 중에 *R. glutinosa*, *R. glutinosa* var. *leutea* f. *purpurea*, *R. glutinosa* var. *huechingensis*의 3 종만이 약용으로 쓰이는 것으로 보고된 바 있으나 (Park *et al.*, 1998), 최근에 3 종은 같은 분류군으로 취급하고 있다 (Wu *et al.*, 1998; Chang *et al.*, 2014). 또한, 지황은 현삼과 (Scrophulariaceae)에 속하였으

나, 최근에는 지황과 (Rehmanniaceae)로 따로 분리하거나 열당과 (Orobanchaceae)에 포함시키기도 한다 (Albach *et al.*, 2009; Xia *et al.*, 2009; Refulio-Rodriguez and Olmstead, 2014; APG IV, 2016).

지황은 온난한 기후를 좋아하는 식물로 적응지역은 중북부 산간지를 제외한 우리나라 전역에서 가능하나 (Lee *et al.*, 2018), 주산단지는 충남 금산, 전북 정읍, 경북 안동, 영주 등 중·남부지역에 분포되어있다. 2017년 기준으로 국내 지황의 재배면적은 210 ha, 생산량은 1,686 톤으로 조사되었다 (MAFRA, 2018).

†Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5673 (E-mail) pvphan@korea.kr

Received 2018 June 26 / 1st Revised 2018 July 16 / 2nd Revised 2018 August 1 / 3rd Revised 2019 August 5 / Accepted 2019 August 5

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

지황은 뿌리를 이용하는 약용작물로서 가공 상태에 따라 생지황(生地黃), 건지황(乾地黃), 숙지황(熟地黃)으로 나누어진다. 생지황(生地黃)의 지표성분은 catalpol로 알려져 있으나 대한민국약전에 규정 내용은 없고, 숙지황(熟地黃)의 경우에는 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde (5-HMF) 0.1% 이상을 함유해야 한다는 규정이 있다 (Lee *et al.*, 2017). 현재 생지황(生地黃)은 건강기능식품 소재의 부원료로 허가되어 있어 약용뿐만 아니라 기능성 식품 소재로 활용 범위가 넓어지고 있는 추세이다 (Oh *et al.*, 2013).

주요 성분으로는 aucubin, catalpol, rehmanin, 5-HMF, verbascoside 등과 당성분인 manninotriose, stachyose, verbascoside 등이 보고되었으며, 당 성분이 많기 때문에 육질이 유연하고 점성이 높다고 알려져 있다 (Morota *et al.*, 1989; Park *et al.*, 1989; Kim *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2017). 또한 지황은 항산화, 항알러지, 항염증, 당뇨, 신경병성질환, 위궤양 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있고, 생지황(生地黃)의 지표성분으로 알려진 catalpol의 경우 이노작용, 사하작용이 있는 것으로 알려져 있으며, 숙지황(熟地黃)의 지표성분인 5-HMF의 경우 저산소장해, 겸상적혈구화(鎌狀赤血球化)에 억제효과가 있는 것으로 알려져 있다. (Abdulmalik *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2008; Shieh *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2011; Reina *et al.*, 2013; Jiang *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2018; Bae and Seo, 2019).

소면적 작물 (재배면적 1,000 ha 이하)이 대부분인 약용작물은 응용학적인 연구가 주를 이루고 있어, 기초연구가 많이 부족한 실정이다. 지황에 대한 연구도 현재 작물의 기본적인 특성에 관한 기초 연구는 종자의 발아적온에 관한 연구, 자웅배우체의 발생학적 특성연구, 교잡 친화성에 관한 연구 등으로 매우 부족한 실정이다 (Park *et al.*, 1998; Park *et al.*, 1999). 특히, 지황은 종자와 영양체인 지하경 모두 번식이 가능하나, 전통적으로 농가에서는 생산량 문제로 인해 지하경을 적정 규격 (굵기 6-10 mm, 길이 2 cm 내외)으로 정선한 후, 파종하여 재배한다. 지하경을 주로 이용함에도 불구하고, 종자의 발아적온에 대한 연구는 있었으나 (Park *et al.*, 1999), 지하경의 출아적온에 대한 연구는 없었다. 또한 지하경을 이용한 보식용 육묘 재배에 대한 연구가 처음 진행된 바 있으나 (Lee *et al.*, 2019), 출아 후 묘소질에 대한 기초적인 내용이 없었고, 적정 육묘 기간에 대한 연구도 부족하였다. 따라서 본 연구는 지황의 적정 출아 조건 및 육묘 기간을 구명하여 위해 수행하게 되었다.

재료 및 방법

1. 트레이 육묘 방법

실험에 사용된 종근은 국립원예특작과학원 약용작물과 시

험포장에서 2019년 3월 중순에 수확한 지황 [*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud.] 1호 품종의 종근을 정선하여 사용하였다. 실험에 사용한 종근 규격은 굵기 6-10 mm, 길이 2 cm로 하였으며, 플러그는 50 공 트레이 (4.5 cm × 4.5 cm × 5 cm)를 사용하였다. 상토는 유기성 상토를 사용하였으며, 플러그 육묘는 4 월 상순에 진행하였으며, 플러그 육묘 기간 동안 시설 내 평균온도는 21.3 ± 7.4°C로 나타났다. 온도 조건 별 출아 실험에서 수분 조건은 일반 육묘 조건으로 충분히 수분을 가한 후, 트레이 하부에 물 빠짐이 없는 상태에서 파종한 다음 온도 구간별로 성장상에서 출아율을 조사하였으며, 수분함량은 281 ± 21%로 나타났다.

수분 함량 별 출아 시험에서 고습 조건은 상토의 함수율이 최고가 되도록 수분을 가한 상태로 토양 함수율은 98 ± 2%, 저습 조건은 상토에 아무런 수분을 처리하지 않은 상태로 토양 함수율은 233 ± 4%, 중습 조건은 고습 조건의 토양과 저습 조건의 토양을 50%씩 섞은 중간 상태로 토양 함수율은 336 ± 11%이다.

2. 토양 함수율 측정

토양 함수율 측정은 중량법을 이용하였으며, 채취한 토양을 105°C에서 24 시간 건조 후, 아래의 공식에 의하여 측정하였다.

$$\text{함수율(\%)} = \frac{\text{건조 전 시료무게} - \text{건조 후 시료무게}}{\text{건조 후 시료무게}} \times 100$$

3. 통계분석

실험결과는 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical analysis system, 2009, Cray, NC, USA)로 분석하였고, 3 반복한 결과 값을 평균치 ± 표준편차 (means ± SD)로 나타내었다. 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5%에서 검증하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 온도 및 습도 조건에 따른 출아조건 구명

온도가 지하경의 출아에 미치는 영향을 보기 위해 15°C부터 5°C 간격으로 45°C까지 처리한 결과, 출아시가 2 일로 가장 빠른 온도는 30-40°C의 구간이었으며, 35°C가 가장 높은 출아율을 보였다 (Table 1). 출아가 완료되는 시기는 온도 구간 별로 차이가 있었는데, 35°C 6 일 > 30°C 7 일 > 25°C 9 일 > 40°C 10 일 > 20°C 13 일 순서로 출아 완료 시기가 빨랐다. 그러나 2 주의 시간이 지나도 15°C의 저온에서는 출아율이 1.3%에 불과하였고, 45°C의 고온에서는 출아가 전혀 일어나지 않았다. 또한, 3 주가 지났을 때 15°C와 45°C에서는 종근의

부패가 일어났으며 (Fig. 1), 최종 출아율은 15°C에서 20%, 45°C에서 0%였다 (data not shown).

실험결과 지황 [*Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) Libosch. ex Steud.]의 적정한 출아 온도는 20°C는 되어야 하며, 온도가 올라갈수록 출아가 빨라지는 경향이 있으나 45°C의 고온에서는 출아가 되지 않는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 지황의 출아 가능 온도는 20-40°C의 구간이고, 적정 출아 온도는 30-35°C 구간이며, 그 이외의 저온과 고온에서는 출아가 불가능하다고 판단된다. 또한, 출아가 완료된 구간 중에 20°C만이 100%가 되지 않았는데, 이 또한 부패로 인한 것으로 20°C도 15°C처럼 지하경에 냉해 피해를 입을 수 있는 가능성이 있는 것으로 생각된다.

습도가 지하경의 출아에 미치는 영향을 보기 위해 수분 조건을 3 단계로 나누었으며, 온도는 가장 빨리 출아가 완성되는 35°C에서 실험을 수행하였다. 수분을 최대로 가한 고습 상태에서의 함수율은 336%로 나타났고, 상토에 수분처리를 하지 않은 저습 상태에서의 함수율은 98%로 나타났으며, 저습 상태와 고습 상태의 상토를 1 : 1로 섞은 중습 상태에서의 함수율은 233%로 나타났다 (Table 2).

고습 상태 (함수율 336%)에서는 6 일째에 출아가 완료되었고, 중습 상태 (함수율 233%)에서는 7 일이 소요되었으며, 저습 상태 (함수율 98%)에서는 2 주가 지나도 출아가 일어나지 않았다. 또한, 고습 상태 (함수율 336%)에서는 6 일째에 부패로 인해 출아가 되지 못한 지하경이 발생했으며, 2 주 뒤에는 출아가 된 지하경도 부패하는 현상이 나타났다. 온도 별 출아 조건 구명 실험에서는 35°C에서 부패가 일어나지 않아 출아율이 100%였는데, 그 이유는 토양의 함수율이 281%로 중습 조건과 고습 조건의 중간 정도의 함수율로, 과습으로 인한 피해가 적었기 때문으로 생각된다. 따라서 육묘 시 지황 지하경이 출아하기 위해서는 토양에 수분이 충분해야 하나, 출아가 된 이

후에는 수분을 낮춰줘야 할 것으로 판단된다. 또한, 저습 상태 (함수율 98%)에서는 3 주째 관찰하였을 때, 출아가 되기 시작하였으나, 종근이 마르고 출아된 싹이 주황색으로 변색되어 수분 부족으로 정상적인 출아가 어려움을 알 수 있었다 (Fig. 1).

지황 지하경의 적정 출아 조건을 찾기 위해 온도와 습도로 나누어 실험한 결과 출아 가능 온도 구간은 20-40°C, 적정 온도 구간은 30-35°C, 출아가 가장 빨리 완료되는 온도는 35°C로 나타났다. 지황의 종자도 온도가 올라갈수록 발아가 빨리된다는 연구 결과가 보고 된 바 있는데 (Park *et al.*, 1999), 지하경을 이용한 본 실험의 출아 결과와 경향이 비슷하였다. 그러나 본 연구는 지하경이 출아가 불가능한 시점인 45°C까지 처리를 하여 불가능한 온도 구간을 밝혔지만, 기 보고된 종자 연구에서는 단순히 30°C까지만 처리하여 종자의 발아가 불가능한 시점이 밝혀지지 않아 종자와 지하경의 적정 발아온도와 출아온도가 같은 구간인지는 알 수 없었다.

지황은 지하경을 이용해 재배를 하는데, 지하경 자체에 양분과 수분이 저장되어 있어서 수분이 없어도 출아가 가능할 것으로 생각되었으나, 실제 실험결과 토양의 수분 함량이 낮을 경우 정상적인 출아가 어렵다는 것을 알 수 있었다. 특히, 저습 상태 (함수율 98%)에서 35°C의 고온에서는 지하경에 피해를 입어 출아가 불량해짐을 알 수 있었고, 고습 상태 (함수율 336%)에서 35°C의 고온까지 올라가면 출아는 일어나지만 지하경이 부패하여 생육이 불가능함을 알 수 있었다. 그러나 중습 상태 (함수율 233%)에서는 35°C의 고온이지만, 실험을 진행한 2 주간 지하경이 썩지 않았다. 따라서 지황의 지하경의 피해 조건 및 양상은 고온·건조로 인한 출아 불량과 고온·고습으로 인한 지하경 부패로 나타남을 알 수 있었다. 실제 지황은 노지 재배 시 건조하고 온도가 올라가면 출아가 불량해지고, 강수량이 많고 온도가 올라가면 부패가 일어나는데 (Lee *et al.*, 2019), 본 실험의 연구 결과와 비교해 볼 때 경

Table 1. Effect of temperature on a emergence rate of *R. glutinosa* seed rhizome.

Temperature (°C)	Emergence rate (%)						
	2D	4D	6D	8D	10D	12D	14D ¹⁾
15	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.3±1.2 ^c
20	ND	1.3±1.2 ^e	9.3±6.1 ^c	38.7±6.1 ^c	74.7±6.4 ^b	96.0±3.5 ^b	96.0±3.5 ^b
25	ND	13.3±4.2 ^d	73.3±5.5 ^b	97.3±4.6 ^{ab}	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a
30	0.7±1.2 ^b	43.3±7.0 ^b	93.3±4.6 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a
35	4.0±2.0 ^a	83.3±5.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a
40	0.7±1.2 ^b	32.0±6.1 ^c	69.3±3.8 ^b	88.7±4.0 ^b	96.7±4.2 ^a	100.0±0.0 ^a	100.0±0.0 ^a
45	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND ²⁾

¹⁾D; day after seedling, ²⁾ND; Not detected. Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). DS1, DS2 indicates directly seeding, directly seeding (replanting), respectively.

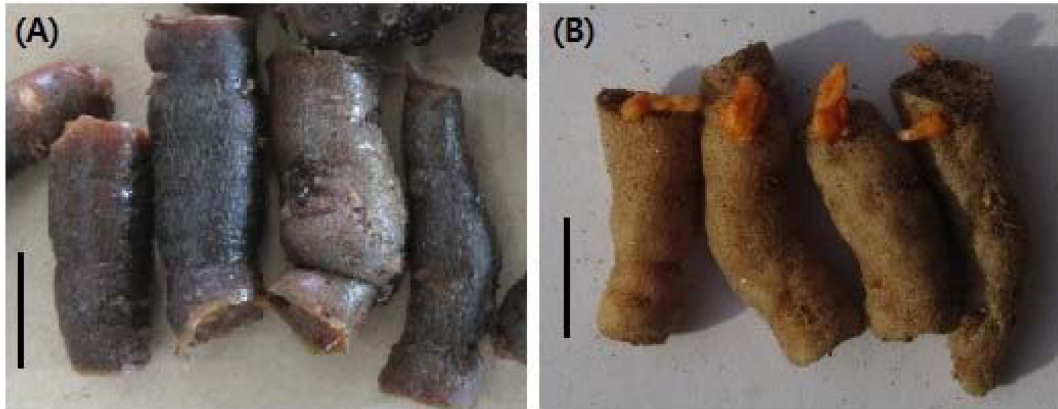


Fig. 1. Rotted rhizome (A) and dry-damaged rhizome (B) of *R. glutinosa*. The bar size is 1 cm.

Table 2. Effect of moisture content on a emergence rate at 35°C of *R. glutinosa* seed rhizome.

Moisture content(%)	Emergence rate (%)				
	2D	4D	6D	...	14D ¹⁾
Low (98±2)	ND	ND	ND		ND ²⁾
Moderate (233±4)	0.7±1.2 ^a	57.3±2.3 ^b	95.3±1.2 ^b	...	100.0±0.0 ^a
High (336±11)	2.0±2.0 ^a	83.3±6.1 ^a	99.3±1.2 ^a		99.3±1.2 ^a

¹⁾D; day after seedling, ²⁾ND; Not detected. Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). DS1, DS2 indicates directly seeding, directly seeding (replanting), respectively.

향이 비슷하였다.

지황은 흑색 비닐 멀칭을 사용한 노지 재배를 하며, 지하경을 심는 깊이는 3 cm 정도로 얇은 편이다. 또한, 같은 온도 조건에서도 무피복에 비해 흑색 비닐 멀칭된 토양의 경우 평균 온도는 2°C정도 높고 (Yun *et al.*, 2011), 5 cm 깊이의 토양의 경우 최대 온도 변화는 5°C 이상 차이가 날 수 있다 (Cui and Lee, 1999).

2019년에 출아불량으로 보식을 실시한 농가가 많이 발생한 정읍과 금산의 경우, 4-5 월의 기상청 기후 통계자료를 참고해보면, 정읍의 최대 온도는 31.3°C, 금산의 경우 33.2°C로 나타났다으며, 공통적으로 최대 기온이 발생하기 4-5 일 전에 월 최고 강수량을 기록했다. 이러한 조건들을 고려해 볼 때, 본 실험의 35°C·고습 조건 (함수율 336%)이 실제 노지에서도 발생할 수 있으며, 이러한 조건이 지황 지하경이 부패하는 조건일 것으로 생각된다. 그러나 노지의 경우 변온 조건으로 급격한 온도 변화에 의한 피해도 있을 수 있기 때문에, 35°C보다 낮은 온도 조건에서도 부패가 발생할 가능성이 있을 것으로 생각된다.

2. 적정 육묘 시기 구명

육묘는 가온 및 차광막 시설이 설치된 하우스에서 실험을

진행하였으며, 10 일 간격으로 엽장, 엽폭, 엽수, 근장 및 개화율을 측정하였다. 엽장의 경우 파종 후 50 일 까지 계속 증가했으며, 60 일에는 50 일과 통계상 유의성은 없었다 (Table 3). 엽폭의 경우 파종 후 50 일까지는 증가됐으나, 60 일에는 오히려 감소되었고, 엽수는 육묘 기간 동안 계속 증가되는 경향을 보였다.

파종 후 20 일에서 30 일 사이에 엽수에는 변화가 없었지

Table 3. Aerial part growth characteristics of *R. glutinosa* seedling.

Seedling periods (days)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaf per plant
10	0.9±0.2 ^e	0.6±0.1 ^e	4.5±0.8 ^d
20	1.8±0.8 ^d	1.2±0.3 ^d	6.1±1.6 ^c
30	5.9±0.9 ^c	2.7±0.3 ^c	6.1±0.8 ^c
40	8.8±1.0 ^b	3.9±0.6 ^b	7.7±1.0 ^b
50	10.8±1.3 ^a	4.4±0.4 ^a	7.9±1.1 ^b
60	11.0±1.2 ^a	4.1±0.6 ^b	8.9±0.9 ^a

Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). DS1, DS2 indicates directly seeding, directly seeding (replanting), respectively.

만, 잎의 급격한 성장이 일어났는데, 엽장은 약 3 배, 엽폭은 약 2 배정도 수치가 늘어난 것을 알 수 있었다. 이러한 변화는 다른 작물의 육묘 시에도 보고된 바 있는데, 토마토에서는 플러그 육묘 시에 25 일에서 30 일 사이에 엽면적이 3 배정도 늘어났고 (Choi *et al.*, 2002), 옥수수에서는 파종 시기에 따라 다르지만, 15 일에서 30 일 사이에 엽면적이 2-3 배정도 늘어났다 (Kim *et al.*, 2009).

시기 별 묘의 사진을 보면 (Fig. 2), 잎의 경우 40 일부터

가장자리의 엽색이 벌어지는 것을 관찰할 수 있는데, 이로보아 40 일부터는 잎의 노화가 진행되는 것으로 판단된다.

뿌리의 경우 20 일 후에 형성된 것으로 보아 뿌리의 형성은 10 일에서 20 일 사이에 시작되는 것으로 생각된다. 근장의 경우 파종 후 40 일까지는 증가되지만, 그 이후에는 통계상 유의성이 없었다. 특히, 20 일에서 30 일 사이에 잎처럼 뿌리 길이도 0.5 배 정도로 빠르게 성장했는데, 같은 약용작물인 참당귀 육묘에서도 60 일에서 90 일 사이에 0.25 배 정도

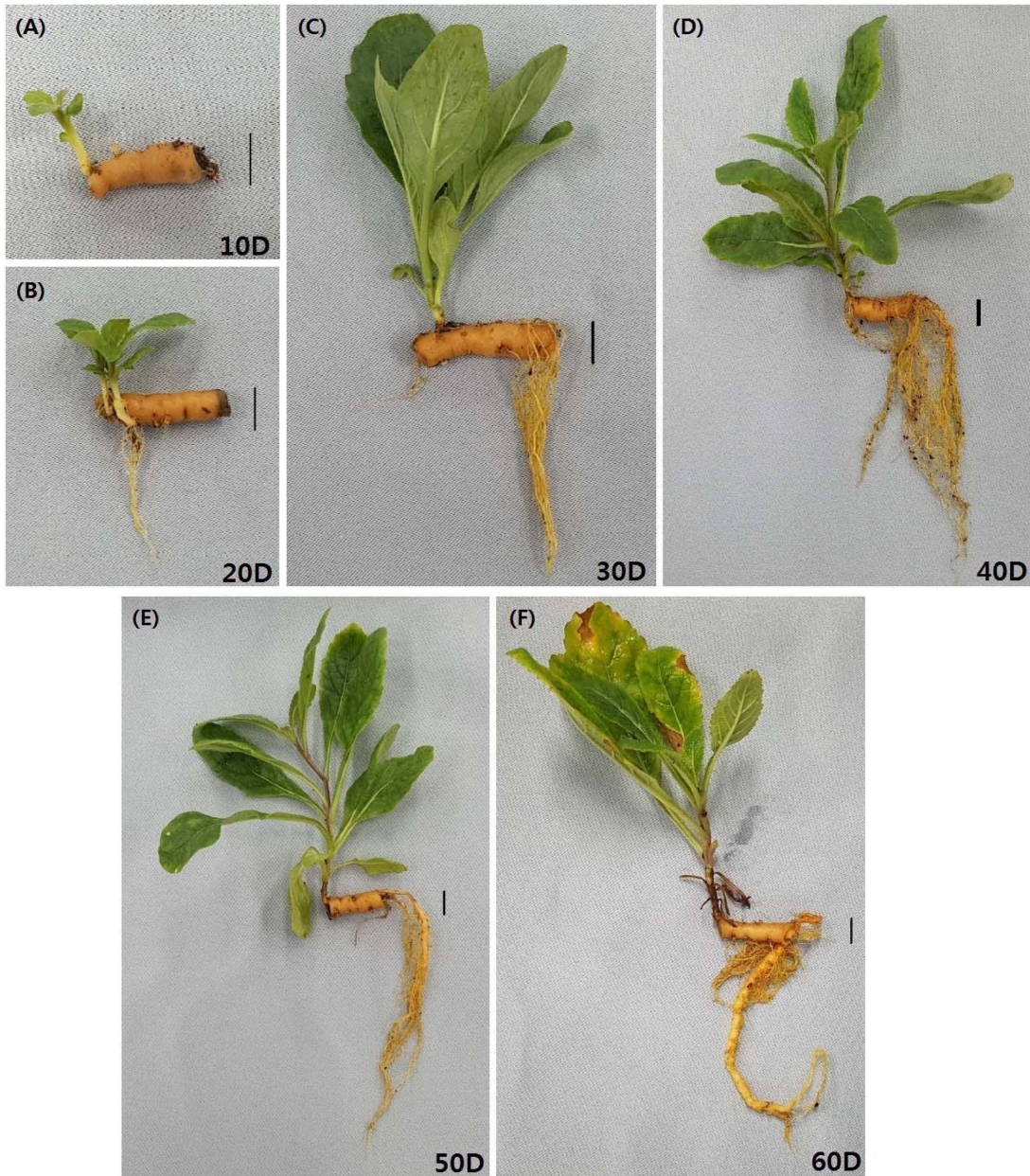


Fig. 2. Observation of different seedling periods in seed rhizome of *R. glutinosa*. The bar size is 1 cm. D; day after seedling, (A); 10 days after seedling, (B); 20 days after seedling, (C); 30 days after seedling, (D); 40 days after seedling, (E); 50 days after seedling, (F); 60 days after seedling.

Table 4. Root length and flowering rate in *R. glutinosa* seedling.

Seedling periods (days)	Root length (cm)	Flowering rate (%)
10 D ¹⁾	ND	ND ²⁾
20 D	6.4±1.3 ^c	ND
30 D	9.2±1.2 ^b	4.4±2.0 ^c
40 D	12.8±2.9 ^a	14.4±2.0 ^b
50 D	13.0±1.6 ^a	16.7±3.4 ^{ab}
60 D	13.9±3.4 ^a	21.1±3.8 ^a

¹⁾D; day after seedling, ²⁾ND; Not detected. Means values ± SD from triplicate separated experiments are shown. *Means with difference letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

로 빠르게 성장했다는 보고가 있다 (Ahn and Yu, 1996).

잎의 시기 별 묘의 사진을 보면 (Fig. 2), 파종 후 40 일까지는 길이가 성장하다가 그 이후에 근의 비대가 일어나는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 뿌리 길이 성장은 파종 후 40 일에 마무리 되고, 그 이후에는 지하경의 비대가 일어나는 것으로 판단된다. 기존의 지황 육묘 연구에서 30 일에는 없었던 근의 비대가 45 일을 육묘 했을 때 이미 이루어졌다고 하였는데 (Lee et al., 2019), 본 연구 결과 비교해 볼 때, 일치함을 알 수 있었다.

개화는 20 일까지는 일어나지 않았다가, 30 일부터 시작되는 것을 알 수 있었다. 또한 개화율은 육묘 기간이 늘어날수록 점점 높아지는 경향이 있었으며, 30 일에서 40 일 사이에 급격히 증가되었다. 지황의 보식용도로 육묘 재배가 적정한지 평가한 연구 결과에서는 30 일에는 개화가 되지 않았다고 보고하였는데 (Lee et al., 2019), 본 연구에서는 30 일에 개화가 일어났다. 이러한 결과가 나타난 원인으로는 육묘 시기가 빨라 저온에 대한 노출 가능성이 좀 더 높았기 때문으로 생각된다. 지황에서는 저온이 개화에 영향을 미칠 가능성이 있는 것으로 보고된 바 있는데 (Lee et al., 2019), 기존의 연구는 4 월 하순에 육묘를 진행하였고, 본 연구는 4 월 상순에 육묘를 진행하였기 때문에 시기상 저온에 노출 될 가능성이 좀 더 높았을 것으로 생각된다.

적정 육묘 기간을 구명하기 위한 본 실험 결과를 종합해 보면, 잎의 경우 20 일에서 30 일 사이에 급격히 증가되다 40 일부터 노화가 진행되는 것으로 판단되며, 뿌리의 경우 40 일 이후 플러그 안에서 지하경의 비대가 일어나 노화가 진행되는 것으로 판단된다. 특히, 벼의 육묘 시 파종 후 10 일에서 15 일 사이에 초장의 길이가 급격히 늘어나는데, 이 시기까지가 생산량이 많았고 육묘 일수가 늘어날수록 생산량이 줄어들었다는 결과가 보고된 바 있다 (Sung et al., 2000).

지황 보식을 위한 육묘 기간과 생산량에 대한 연구에서 45 일까지는 생산량이 높았으나 뿌리 굵기는 45 일 육묘가 30 일에 비해 작았다고 보고 된 바 있는데 (Lee et al., 2019), 육묘 45 일은 이미 지하경의 비대가 일어난 시기였다. 따라서 지황 육묘의 적정 기간은 30 일이며, 최대 기간은 잎의 노화와 지하경의 비대가 시작되는 40 일을 넘지 않는 것이 좋을 것으로 생각된다.

본 실험은 기존의 지황 육묘 연구 (Lee et al., 2019)에서 수행하지 않았던 육묘시기에 따른 묘소질 변화와 육묘 시 노화가 시작되는 시기를 정확히 밝힘으로써 미루어 짐작하던 지황 육묘시기를 명확히 구명하였다고 생각된다.

본 연구를 종합해 볼 때, 지황의 출아 온도는 20 - 40°C 구간에서 가능하나, 적정 출아 온도는 30 - 35°C 구간이며, 출아가 가장 빨리 완료되는 온도는 35°C이다. 또한, 저습 상태 (함수율 98%)에서는 출아가 되지 않고 고습 상태 (함수율 336%)에서는 부패가 일어날 수 있으므로, 중습 정도 (함수율 233%)의 토양 수분 함량이 적정한 것으로 생각된다. 특히, 지하경은 고온-건조 조건에서는 피해를 입어 출아가 불량하고, 고온-고습 조건에서는 지하경이 부패하므로 육묘 시에 이러한 조건이 되지 않도록 유의해야 할 것으로 생각된다.

적정 육묘 시기는 잎의 노화 시기와 지하경 비대가 일어나는 시기를 고려하여 30 - 40 일이 적절한 것으로 생각된다. 본 연구 결과는 지황 지하경의 출아 조건 및 육묘 기간 확립에 중요한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 지황 신품종 이용촉진 사업(과제번호 : PJ00692209)과 2019년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Abdulmalik O, Safo MK, Chen Q, Yang J, Brugnara C, Ohene-Frempong K, Abraham DJ and Asakura T. (2005). 5-hydroxymethyl-2-furfural modifies intracellular sickle haemoglobin and inhibits sickling of red blood cells. *British Journal of Haematology*. 128:552-561.

Ahn SD and Yu CY. (1996). Effect of the short time growing seedling for bolting control in *Angelica gigas* Nakai. *Korean Journal of Plant Resources*. 9:157-163.

Albach DC, Yan K, Jensen SR and Li HQ. (2009). Phylogenetic placement of *Triaenophora*(formerly Scrophulariaceae) with some implications for the phylogeny of Lamiales. *Taxon* 58:749-756.

Angiosperm Phylogeny Group(APG). (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and

- families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society. 181:1-20.
- Bae HK and Seo BI.** (2019). Inhibitory activities of *Rehmannia* radix 30% ethanol extract on acute gastritis and peptic ulcers. Korean Journal of Herbology. 34:1-14.
- Chang CS, Kim H and Chang KS.** (2014). Provisional checklist of vascular plants for the Korean peninsula flora(KPF). Designpost. Paju, Korea. p.591.
- Choi YH, Cho JL, Rhee HC, Park DK, Kwon JK and Lee JH.** (2002). Effect of summer grown seedling quality on growth and yield of tomato. Journal of the Korean Society for Horticultural Science. 43:395-398.
- Cui RX and Lee BW.** (1999). Simulation model for estimating soil temperature under mulched condition. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology. 1:119-126.
- Jiang B, Shen RF, Bi J, Tian XS, Hinchliffe T and Xia Y.** (2015). Catalpol: A potential therapeutic for neurodegenerative diseases. Current Medicinal Chemistry. 22:1278-1291.
- Kim DH, Park CH, Park HW, Park CG, Sung JS, Yu HS, Kim GS, and Seong NS, Kim JC, Kim MS, Bae SG and Chung BJ.** (2008). A new high-quality, disease resistance and high-yielding *Rehmannia glutinosa* cultivar, "Kokang". Korean Journal of Breeding Science. 40:84-87.
- Kim NS, Choi DJ, Choi EJ, Lee JH, Park S, Lee YS, Lee JW, Lee DY, Kim GS and Lee SE.** (2018). Screening and evaluation of the anti-allergic effect of Korean medicinal plant extracts. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:42-54.
- Kim SK, Jung TW, Lee YY, Song DY, Yu HS, Lee CW, Kim YG, Kwak CG and Jong SK.** (2009). Effect of nursery stage and plug cell size on seedling growth of waxy corn. Korean Journal of Crop Science. 54:407-415.
- Lee SH, Kang SU, Lee SH, Koo SH, Hur M, Jin ML, Lee WM, Park MS, Kim YB and Han JW.** (2019). Appropriateness evaluation of plug seedling cultivation for replanting of *Rehmannia glutinosa*(Gaertn.) Libosch. ex Steud. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 27:202-207.
- Lee SH, Park CB, Kang YK, Kim GS, Han SH, Choi AJ, Han SH, Kim JY, Park HR, Hur M and Park CG.** (2018). A high-yielding *Rehmannia glutinosa* Liboschitz ex Steudel cultivar 'Dagang'. Korean Journal of Breeding Science. 50:236-239.
- Lee SH, Yoon JS, Kim JK, Park CG, Chang JK and Kim YB.** (2017). Analysis of iridoid glycoside and GABA content in the roots of the *Rehmannia glutinosa* cultivars. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:146-151.
- Li MM, Wu LY, Zhao T, Xiong L, Huang X, Liu ZH, Fan XL, Xiao CR, Gao Y, Ma YB, Chen JJ, Zhu LL and Fan M.** (2011). The protective role of 5-HMF against hypoxic injury. Cell Stress Chaperones. 16:267-273.
- Liu Z, Lou Z, Ding X, Li X, Qi Y, Zhu Z and Chai Y.** (2013). Global characterization of neutral saccharides in crude and processed *Radix Rehmanniae* by hydrophilic interaction liquid chromatography tandem electrospray ionization time-of-flight mass spectrometry. Food Chemistry. 141:2833-2840.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2018). 2017 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.51.
- Morota T, Sasaki H, Nishimura H, Sugama K, Chin M and Mitsuhashi H.** (1989). Two iridoid glycosides from *Rehmania glutinosa*. Phytochemistry. 28:2149-2153.
- Oh HL, Kim CR, Kim NY, Jeon HL, Doh ES and Kim MR.** (2013). Characteristics and antioxidant activities of *Rehmannia* radix powder. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 42:62-67.
- Park BY, Chang SM and Choi J.** (1989). Relationships between the inorganic constituents and the catalpol and sugar contents in the rhizoma of *Rehmania glutinosa*. Journal of the Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology. 32:249-254.
- Park CH, Seong NS, Lee MS and Paek KY.** (1998). Embryological characteristics and cross compatibility in chinese foxglove *Rehmannia glutinosa*. Korean Journal of Breeding Science. 30:24-35.
- Park CH, Shim KB, Kim MK, Park CG and Seong NS.** (1999). Germination of pelleted seeds in *Rehmania glutinosa* Libosch. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:213-217.
- Refugio-Rodriguez NF and Olmstead RG.** (2014). Phylogeny of Lamiidae. American Journal of Botany. 101:287-299.
- Reina E, Al-Shibani N, Allam E, Gregson KS, Kowolik M and Windsor LJ.** (2013). The effects of *Plantago major* on the activation of the neutrophil respiratory burst. Journal of Traditional and Complementary Medicine. 3:268-272.
- Shieh JP, Cheng KC, Chung HH, Kerh YF, Yeh CH and Cheng JT.** (2011). Plasma glucose lowering mechanisms of catalpol, an active principle from roots of *Rehmannia glutinosa*, in streptozotocin-induced diabetic rats. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 59:3747-3753.
- Sung HK, Pi JS and Sohn JK.** (2000). Effect of sowing date and days after sowing on rice seedling characters raised in an automatic facility. Agricultural Research Bulletin of Kyungpook National University. 15:53-60.
- Wu Z, Raven PH and Hong D.** (1998). Flora of China 18. Science Press & Missouri Botanical Garden Press, Beijing, China and St. Louis, USA. pp.53-55.
- Xia Z, Wang YZ and Smith JF.** (2009). Familial placement and relations of *Rehmannia* and *Triaenophora*(Scrophulariaceae S.L.) inferred from five gene regions. American Journal of Botany. 96:519-530.
- Yun HB, Lee JS, Lee YJ, Kim RY, Song YS, Han SG and Lee YB.** (2011). Ghinese cabbage growth effected by black vinyl mulching and organic fertilizer application in spring season. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 44:1107-1111.