

생장조절제와 프라이밍 처리에 의한 지치종자의 발아특성과 단백질 발현 양상에 관한 연구

김도현* · 안복주* · 안희정* · 안영섭** · 김영국** · 박춘근** · 박충범** · 차선우** · 송범헌*†

*충북대학교 농업생명환경대학 식물자원학과, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Studies on Seed Germination Characteristics and Patterns of Protein Expression of *Lithospermum erythrorhizon* by Plant Growth Regulators and Seed Primings

Do Hyun Kim*, Bok Ju Ahn*, Hee Jung An*, Young Sup Ahn**, Young Guk Kim**, Chun Geun Park**, Chung Beom Park**, Seon Woo Cha** and Beom Heon Song*†

*Department of Plant Science, College of Agriculture Life & Environment Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea.

**Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the quality of seeds, the germination rates and the days required for germination, to examine the patterns of protein expressions during the germination and to improve the techniques of managing and storing seeds and viability of the seeds of *Lithospermum erythrorhizon* Sieb. et Zucc. After collecting and harvesting seeds, they were classified to white and brown colors of seed coat through testing their seed size, weight, and quality. The germination rates, the days required for germination, and the protein expressions were examined with different colors of seed coats, storing temperatures and durations by treating the different plant growth regulators and primings. One hundred seed weight of white color was heavier about 1.17 g than those of brown one about 0.81 g. The germination rates in white color of seed coat was higher, 3.05 ~ 5.75%, than those in brown one. Its rates were decreased with getting longer in storage durations. There was no big differences on germination rates between storage temperatures. The plant growth regulator of GA₃ and Kinetin was affected to improve the seed germination. GA₃ increased the seed germination clearly at 25 ppm level, while kinetin increased it gradually from 25 to 100 ppm levels. In germination by seed primings, PEG6000 made higher germination rate with increasing their levels, whereas KNO₃ increased the germination until 100 mM level and then decreased it with 200 mM unlike PEG6000. The protein expressed during the seed germination were appeared more and clearer bands in the seed after germination, especially 20 ~ 30 kDa, compared to those in the seed before germination. These results showing more and clearer bands were positively related to the germination rates which were different by seed colors, storage temperatures and durations, and plant growth regulators and primings.

Key Words : *Lithospermum erythrorhizon*, Germination Rate, Seed Color, Plant Growth Regulator, Seed Priming, Protein Expression

서 언

지치 (*Lithospermum erythrorhizon* Sieb. et Zucc)는 지치과 (Borraginaceae)에 속하는 다년생 초본 식물로서 자초, 자근이라고도 부른다. 우리나라의 전국에 분포하며 예로부터 한국, 중국과 일본에서 한약재, 식용과 색소로 주로 뿌리를 이용

하여 왔으며, 한방에서 혈액순환 촉진, 해열 해독 작용에 주로 이용하거나 토혈, 혈뇨, 변비, 화상, 습진, 요로 감염 등을 치료하는데 사용하여 왔다 (Seo *et al.*, 2008). 지치의 줄기는 30 ~ 70 cm 이고 뿌리가 땅속 깊이 들어가고 굵으며 자주색이고, 봄, 가을에 채취하여 말린 것을 자초 혹은 자근이라 한다. 원줄기는 가지가 갈라지며 잎과 더불어 털이 많다. 잎은 호생

†Corresponding author: (Phone) +82-43-261-2511 (E-mail) bhsong@chungbuk.ac.kr

Received 2014 August 9 / 1st Revised 2014 August 19 / 2nd Revised 2014 September 1 / 3rd Revised 2014 September 11 / 4th Revised 2014 September 26 / 5th Revised 2014 October 10 / Accepted 2014 October 13

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.

하고 양끝이 좁으며 밑부분이 좁아져서 엽병처럼 된다. 꽃은 총상화서로서 흰색으로 5~6월에 개화한다. (Korean Research Academy of Preventing Adult Diseases, 2007). 지치의 자생지에 관한 환경생태 조사 내용을 보면 지치의 안정적인 재배를 위해서는 통기성과 배수성이 뛰어나고 적당한 유기물이 함유된 토양조성이 요구되며, 햇빛이 잘 드는 양지가 바람직하다고 보고되었다 (Ahn *et al.*, 2009).

지치의 약효 성분과 관련한 연구는 지치의 뿌리에 acetylshikonin, shikonin, β -dimethylacrylshikonin, isobutylshikonin, β -hydroxyisobalerylshikonin, isovalerylshikonin, α -methyl-n-butylshikonin, deoxyshikonin 등의 shikonin 유도체들이 함유되어 있다 (Seo *et al.*, 2008). 지치의 유효 성분으로 알려진 shikonin 유도체 성분은 항산화 활성 (Kim *et al.*, 2011), 및 항균 효과 (Boo *et al.*, 2012), 면역활성 (Seo *et al.*, 2013) 등 다양한 활성이 보고되고 있다.

약용으로 이용되는 식물은 종류가 아주 많으나, 그 중에서 작물로 전환된 것은 극히 일부에 불과하다. 대부분의 약용식물이 야생 또는 작물화가 진행 중에 있어서 이들은 초기단계인 입모과정부터 적정 입모율을 확보해야만 하는 문제점이 있다 (Kang *et al.*, 2004). 초피나무의 경우 식물생장조절제인 GA₃ 처리는 침지시간과 농도가 높아질수록 발아율이 높아져 발아율을 높이는 실용적인 방법으로 적당하고 보고되었고, Kinetin 처리는 GA₃ 처리보다 낮은 발아율을 나타내어 실용적인 방법으로 미흡하다고 보고된 바 있다 (Kim *et al.*, 1997). 보리 종자의 경우 PEG로 프라이밍처리를 하여 발아율을 높이고 발아소요시간을 크게 단축시켰는데, 처리 기간이 길고 처리 농도가 높을수록 효과가 저조하다고 보고된 바 있다 (Lee *et al.*, 2002). 약용작물인 지치도 발아율을 높이는 방법에 관한 연구가 이루어져야 한다.

따라서 본 연구는 지치의 개화 수분수정 후 등숙 정도에 따른 종자의 품질을 평가 구분하고 저장 온도와 기간에 따른 종자의 활력, 발아율 및 평균발아일수를 조사하였고, 발아율과 입모율을 높이기 위한 방법으로 생장조절제와 프라이밍의 효과를 구명하며, 이와 관련된 단백질 발현 양상을 비교분석하여 안정적인 지치의 재배법 확립에 필요한 기초 및 응용 자료를 얻기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료

본 시험에 이용한 지치 종자는 제천의 재배농가에서 증식되고 있던 식물체를 2012년에 채종하고, 이후 실외 보관 중이던 종자를 2013년 2월 27일에 분양받아 재배하면서 수분수정 후 등숙 시기가 진전됨에 따라 종피색이 갈색에서 흰색으로 되

로 종피색을 갈색과 흰색으로 나누고 종피색별 종자의 등숙 정도를 구분하여 시험재료로 사용하였다.

2. 종자 저장기간 및 온도별 발아특성

지치 종자의 저장방법에 따른 종자 발아력을 검증하기 위하여 스티로폼 박스 (가로 × 세로 × 높이: 257 × 257 × 270 mm)에 종자를 저장 하였다. 저장온도를 4°C와 25°C의 2가지 조건으로 하였으며, 4°C는 냉장고, 25°C는 생장조절실을 이용하여 온도를 유지하였다. 종자의 저장기간은 2월 27일부터 저장하여 155일후인 7월 29일에 1차 실험을 진행하였고, 이후 15일 간격으로 총 5회 발아시험을 진행 하였다.

3. 식물생장조절제 및 프라이밍 처리별 발아특성

발아 시험은 저장된 지치 종자를 식물생장조절제와 프라이밍 처리를 1일 한 후 실험을 진행하였다. 식물생장조절제 처리는 GA₃과 Kinetin을 각각 0, 25, 50, 100 ppm 농도별로 처리를 하고, 프라이밍 처리는 Poly Ethylene Glycol (PEG) 6000과 KNO₃ 처리를 하였는데, PEG 6000은 각각 0, -0.5, -1.0, -2.0 MPa 농도별로 처리를 하였고, KNO₃은 각각 0, 50, 100, 200 mM 농도별로 처리를 하였다. 식물생장조절제와 프라이밍 처리된 종자는 1% NaOCl 용액에 10분간 소독한 다음 멸균수로 5분씩 3회 세척한 후 사용하였으며, 9 cm petri-dish에 탈지면을 깔고 멸균수를 5 ml 첨가한 다음 종자를 치상하였다. 지치 종자의 발아 온도는 25°C로 유지되었고, 조사기간 중 종자가 건조되지 않도록 수분을 보충하였다. 각 처리별 발아 시험은 25립씩 4반복으로 수행되었으며, 발아율과 평균 발아일수는 치상 직후부터 치상 후 30일까지 지치의 유근이 1 mm 이상 자란 개체수를 조사하여 측정하였다.

4. 발아종자의 단백질 발현 양상 분석

발아 시험 이후 발아된 종자와 발아되지 않은 종자를 구분하여 냉동 보관한 후 냉동 보관된 시료 0.5 g을 액화질소를 이용하여 곱게 마쇄한 후, protein extraction buffer(50 mM Tris-HCl, 5% SDS, 1 mM PMSF, 1 μ M pepstatin, 0.01% bathophenanthroline; pH 8.0)를 1 ml를 첨가하여 얼음 위에서 1시간 정도 균질화한 후, 14,000 rpm에서 10분간 2회 원심 분리하여 상등액을 취하고, 상등액으로 수용성 단백질을 분석하였다.

SDS-PAGE는 소형전기영동장치 (Dual gel vertical unit, Sigma, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 실시하였고, 전기영동시 gel은 15%의 running gel (30% acryl/bis-acryl, 1.5 M Tris-HCl/pH 8.8, 10% SDS, TEMED, 10% ammoniumpersulfate)과 5% stacking gel (30% acryl/bis-acryl, 1 M Tris-HCl/pH 6.8, 10% SDS, TEMED, 10%

ammoniumpersulfate)이며, running buffer (0.192 M glycine, 25 mM Tris/HCl, 0.1% SDS)는 pH 8.3을 맞추어 사용하였다. Sample buffer로 laemmli buffer (4% SDS, 20% glycine, 10% 2-mercaptoethanol, 0.004% bromophenol blue, 125 mM Tris HCl; pH 6.8)을 사용하여 위에서 준비한 시료와 1:1로 혼합하여 끓는 물에서 5분간 진탕한 후에 전기영동을 실시하였다. 각각의 well당 loading량은 step-view 10 Kd size marker (prestained, elpls biotech)는 7 μ l, sample은 80 μ g을 넣었다. 전기영동시 전압은 80 mA로 평균 5시간하였으며, 전기영동이 끝난 후 gel은 Coomassie brilliant R250법을 이용하여 염색을 하였다. 염색용액 (0.001% Brilliant R250, 45% methanol, 10% acetic acid, 45% DW)을 사용하여 12시간 정도 염색과정을 거친 후 탈색용액 (40% methanol, 10% acetic acid, 50% DW)을 1시간씩 2~3회 정도 탈색한 후 단백질 밴드의 발현 양상을 비교하였다.

조사한 발아율, 평균발아일수는 SAS (Statistical Analysis System) software package (SAS 9.1.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 통계분석 하였다.

결과 및 고찰

1. 종피색, 저장온도 및 기간별 지치 종자의 발아 특성

지치 종자를 수확 후 종자 등숙 정도와 무게에 따라 종피색

을 구분하여 백립종을 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 종피색에 따른 지치 종자의 백립중은 갈색종자는 0.81g이었고 흰색 종자는 1.17g으로 갈색종자보다 흰색종자가 0.36g 정도 더 무거운 것으로 나타났다. 지치의 경우 개화와 수분 수정 후 종자 등숙이 이루어지는 시기가 더 진전 될수록 종피색이 갈색에서 흰색으로 변화되는 것으로 조사 되었는데, 지치 종자가 등숙 과정이 진전되면서 배유가 충실하여 백립중이 증가하고 종피색이 갈색에서 흰색으로 변화된 것들이 품질이 좋고 건전한 종자들인 것으로 조사되었다.

지치 종자들의 종피색, 저장온도 및 저장 기간별로 구분하여 발아율을 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 지치 종자의 종피색에 의한 발아율은 등숙이 잘된 흰색 종자가 미등숙 갈색 종자보다 모두 높게 나타났다. 흰색 종자와 갈색종자의 발아율 차이는 3.05~5.75%로 저장기간이나 저장 조건에 따라 다르게 측정 되었지만, 모두 흰색 종자가 높게 측정 되었다. 지치 종자의 채종 후 저장 기간을 달리하여 발아율을 조사한 결과는 저장 기간이 길어질수록 발아율은 낮아지는 경향을 보였으며, 저장온도 4°C와 25°C에서 큰 차이를 보이지 않았다. 벼 종자의 경우 종자 발아율은 저장기간이 길어짐에 따라 낮아졌는데, 이는 알카리 붕괴도와 단백질 함량의 감소, 당의 함량변화 등 종자내의 이화학적 성분이 변화함으로써 종자 발아율을 감소하는 것이라고 보고하였다 (Kim *et al.*, 2007). 지치 종자도 채종 후 저장기간이 경과할수록 발아율이 계속 낮아지는

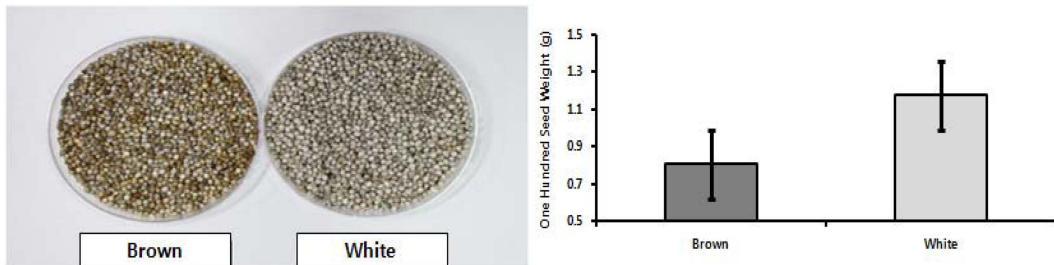


Fig. 1. Comparison on the weight of one hundred seed and the color of seed coat in seeds of *Lithospermum erythrorhizon*.

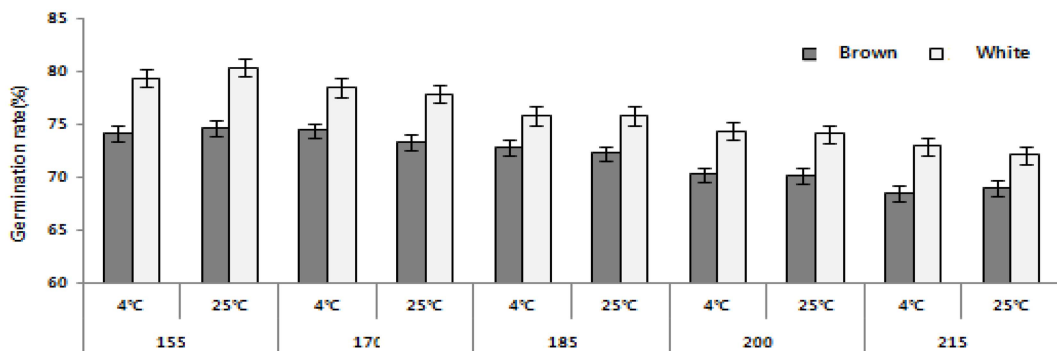


Fig. 2. Comparison on germination rates of *Lithospermum erythrorhizon* seed with two different colors of seed coat and with different temperatures and durations of seed storage.

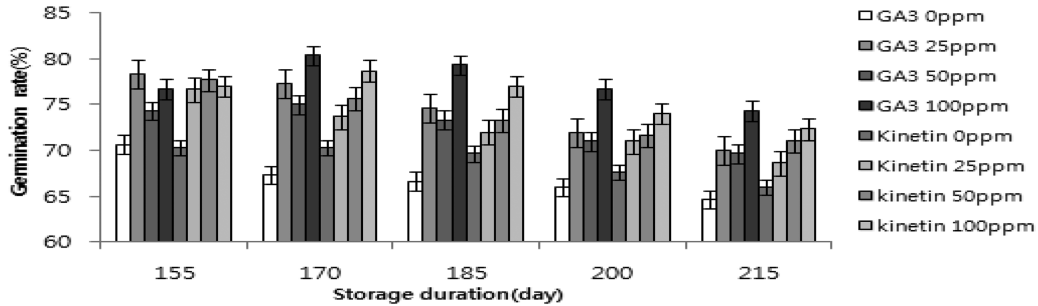


Fig. 3. Comparison on germination rates of *Lithospermum erythrorhizon* seed treated with two different plant growth regulators and five different durations of seed storage.

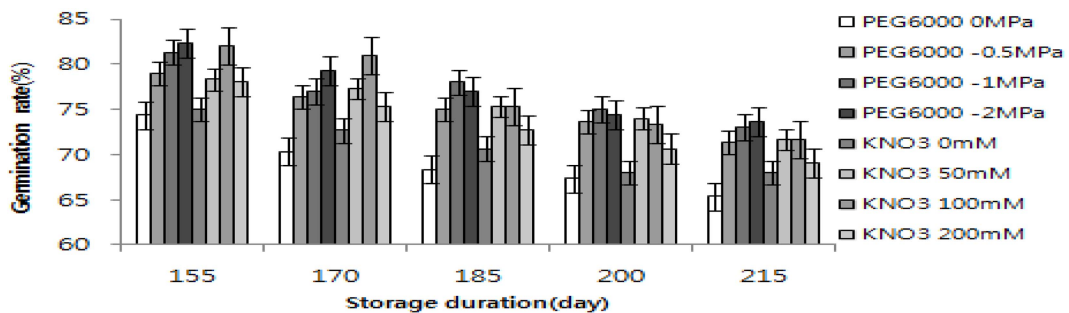


Fig. 4. Comparison on germination rates of *Lithospermum erythrorhizon* seed treated with two different seed primings and five different durations of seed storage.

것은 벼와 발아율이 낮아지는 면에서 비슷하였으며, 종자 등숙 정도로 나타나는 종피색이 발아율에 크게 영향을 미쳐 수분 수정후 채종시기를 적절히 맞추는 것이 중요한 것으로 판단 된다.

2. 식물생장조절제 및 프라이밍 처리별 지치 종자의 발아특성

지치 종자에 GA₃와 Kinetin 식물생장조절제 처리를 하여 발아율을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 식물생장조절제 GA₃와 Kinetin의 농도를 4개 수준으로 다르게 처리하여 발아율을 비교한 결과 대조구와 비교할 때 발아율을 높게 해주는 효과를 나타냈다. GA₃의 경우 25 ppm 수준에서도 발아율을 뚜렷하게 향상시키며, 농도가 높아질수록 발아율이 높아지는 경향을 보였다. Kinetin처리에서도 농도가 높아질수록 발아율이 높아지는 경향을 보였는데, GA₃와는 달리 25 ppm에서 100 ppm 처리 수준까지 일정한 효과를 보이며 발아율이 증가하여 Kinetin 100 ppm 수준에서 가장 높게 나타나 Kinetin 수준을 더 높이면 발아율이 더 증가할 수 있는 것으로 판단된다. 지치 종자의 채취 후 저장기간별로 GA₃와 Kinetin효과를 비교해 보면 두 식물생장조절제 모두 발아율 향상에 좋은 효과가 있었으며, 저장 기간이 길어질수록 그 효과는 감소되는 것으로 나타났다. 또한 GA₃ 처리에서는 25 ppm 수준으로 처리하여도 발아율에 좋은 효과가 나타났다. 이는 Kim 등 (1997)에 따르면 초피나무 종자의 경우 GA₃은 침지 시간과 농도가 높

을수록 발아율이 높아지는 경향 이었고, Kinetin도 발아율은 양호하였으나 GA₃보다 낮은 발아율을 보였다는 결과와 유사한 결과이나 본 연구에서는 GA₃은 25 ppm 수준에 큰 효과가 있다는 결과와 Kinetin에서는 100 ppm 수준까지 처리 농도가 높을수록 발아율이 증가되는 결과와 다르게 나타나 초피나무와 지치 종자의 GA₃와 Kinetin에 대한 반응이 약간 다를 수 있었다.

지치 종자에 종자 프라이밍 처리를 하여 발아율을 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. 종자 프라이밍 처리는 PEG6000과 KNO₃의 4개 수준으로 농도를 각각 다르게 처리하여 발아율을 비교한 결과 PEG6000과 KNO₃ 모두 대조구와 비교하였을 때 발아율이 높았으며 PEG6000은 농도가 높아질수록 발아율이 높아지는 경향을 보였고, KNO₃은 100 mM 농도까지는 발아율이 높아졌으나 200 mM에서는 오히려 낮아지는 것으로 나타났다. PEG6000처리는 지치종자의 저장기간별 발아율 차이를 보였는데, 저장 170일까지는 처리 농도가 높을수록 발아율이 증가되었으나 185일 이후에는 처리 수준별 차이가 뚜렷하지 않았다. KNO₃의 경우에도 저장기간별 효과는 PEG6000과 비슷하였는데, 저장기간 170일까지는 가장 높은 농도인 KNO₃ 200 mM 농도까지 발아율이 증가했고, 저장기간 185일 이후에는 KNO₃ 200 mM농도에서 발아율이 감소했기 때문에 저장기간에 따른 발아율 효과는 약간 다르게 나타났다.

수분수정후 등숙 정도에 따라 종피색이 다른 흰색과 갈색의

지치 종자의 발아특성과 단백질 발현양상 비교

Table 1. Comparison on days required for germination of *Lithospermum erythrorhizon* seed with two different seed coat colors, two different storage temperatures and five different storage durations by treating two different plant growth regulators and two different seed primings.

Seed coat color	Storage duration (day)	Storage temperature	Plant growth regulator		Seed priming	
			GA ₃	Kinetin	PEG6000	KNO ₃
Brown	160	4°C	11.58	11.00	12.17	11.33
		25°C	11.17	10.50	11.00	10.67
	175	4°C	11.58	11.25	11.92	11.17
		25°C	12.08	11.42	12.08	11.67
	190	4°C	12.67	11.92	12.42	12.08
		25°C	12.67	11.92	12.42	12.00
	205	4°C	13.25	11.83	12.08	11.25
		25°C	12.83	12.33	12.25	11.58
	220	4°C	13.25	11.83	12.08	11.25
		25°C	12.83	12.33	12.25	11.58
White	160	4°C	10.17	10.00	10.25	10.25
		25°C	10.42	10.33	9.58	10.75
	175	4°C	10.67	10.92	11.17	11.42
		25°C	11.67	11.58	11.33	11.17
	190	4°C	11.33	11.83	12.17	12.17
		25°C	11.42	11.92	11.75	12.25
	205	4°C	10.75	11.50	11.50	12.25
		25°C	11.17	11.58	10.67	11.58
	220	4°C	10.75	11.50	11.50	12.25
		25°C	11.17	11.58	10.67	11.58
F-Value	Seed coat color		69.58**	6.35*	32.34**	0.43 ns
	Storage Duration		7.16**	14.54**	6.76**	7.53**
	Storage Temperature		0.67 ns	1.82 ns	3.36 ns	0.12 ns

*, **, ns: significant different at 0.05, 0.01 probability levels, and non-significant, respectively.

지치 종자를 저장기간과 온도를 달리하여 저장한 후 식물생장 조절제와 종자 프라이밍 처리를 하여 평균발아일수를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 종피색에 따른 평균발아일수는 GA₃와 PEG6000처리구에서는 고도의 유의성을 보였으며, KNO₃처리구에서는 유의성을 보이지 않았고, 흰색 종자의 평균발아일수는 갈색 보다 1~2일정도 더 빠르게 나타났다. 저장기간에 따른 평균발아일수는 종자 처리구 모두에서 고도의 유의성을 보였으며, 저장 기간이 길수록 평균발아일수가 큰 차이는 아니지만 길어지는 것으로 나타났다. 저장 온도별 지치 종자의 평균발아일수는 모든 처리구에서 유의성을 나타내지 않았으며, 뚜렷한 경향도 없었다.

지치 종자의 발아율 향상을 위한 실험결과를 요약하면 채종의 경우 종자 품질과 직접적으로 관련되어 종피색이 흰색일 때 채종하는 것이 발아율 향상에 효과적이며, 저장온도별로는 4°C 저장보다 25°C 저장이 약간 높은 발아율이 나타나 저장 온도 조건에 따른 차이는 크지 않았다. 저장 기간은 길어질수록 발아율이 낮아지므로 채종 후 다년간 저장하여 파종하는 것보다 채종 당해에 파종하는 것이 발아율을 높일 수 있는 것

으로 나타났다. 식물생장조절제 처리를 할 경우 다른 작물들과 달리 지치는 Kinetin처리보다 GA₃처리를 하게 되면 낮은 농도에서도 발아율이 높아지고 100 ppm까지는 농도가 높을수록 발아율도 높아지며, 프라이밍 처리를 할 경우 KNO₃ 처리보다 PEG6000을 처리할 경우 농도가 높아질수록 발아율도 높아졌다.

3. 지치 종자의 단백질 발현 양상

지치 종자의 종피색, 저장온도 및 저장기간에 따라 발아된 종자와 발아 전 종자의 SDS-PAGE를 이용한 단백질 발현 양상을 조사 분석한 결과는 Fig. 5와 같다. 발아 전 종자와 발아된 종자 사이의 단백질 발현 양상은 분리된 전 분자량에서 차이를 보였는데, 특히 20~30 kDa에서 발아된 종자가 발아 전 종자보다 더 많은 단백질 밴드가 나타났고, 같은 위치에서 4°C와 25°C는 발현 양상이 크게 차이가 나지 않지만 흰색 종자와 갈색 종자에서는 흰색 종자에서 더 많은 단백질 밴드가 나타나 등숙 정도가 좋고 발아력이 왕성한 종자에서 단백질 발현이 더 다양함을 알 수 있었다. 저장 기간에 따른 단백질

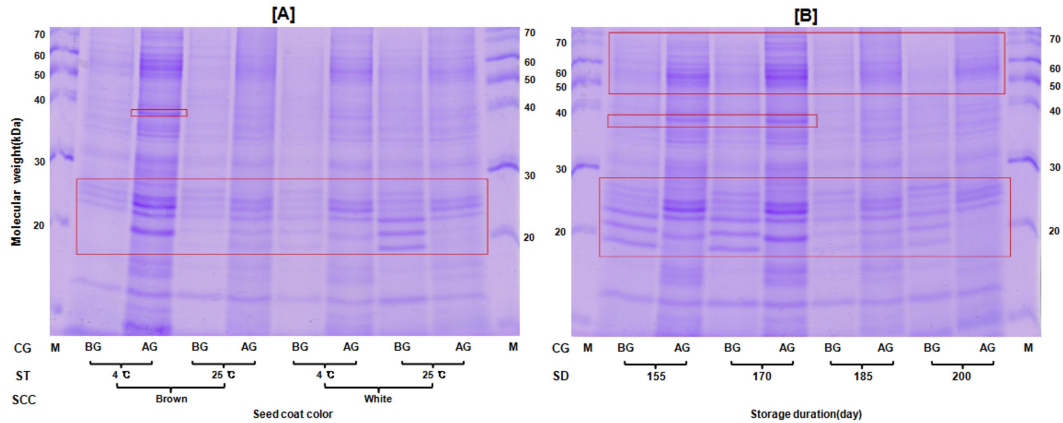


Fig. 5. Protein expression patterns of *Lithospermum erythrorhizon* seed in both seeds before germination and after germination with different colors of seed coat, two different storage temperatures and five different storage durations by SDS-PAGE. [A] Protein expression with different storage temperatures and seed coat colors. [B] Protein expression with different storage durations. (BG: Before Germination, AG: After Germination, CG: Condition of germination, ST: Storage temperature, SCC: Seed coat color, M: Maker).

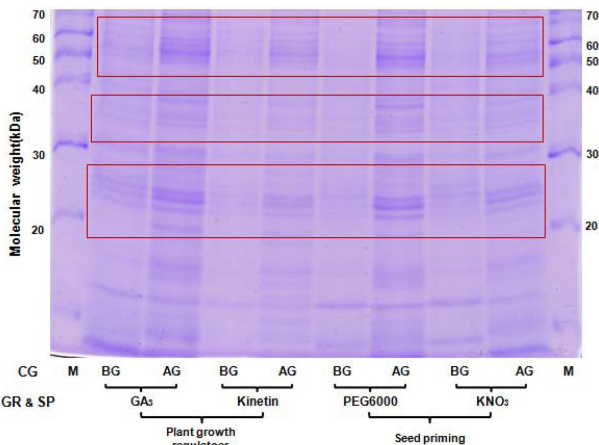


Fig. 6. Protein expression patterns on white seed of *Lithospermum erythrorhizon* in both seeds before germination and after germination with two different plant growth regulators and seed primings by SDS-PAGE. (BG: Before Germination, AG: After Germination, CG: condition of germination, GR&SP: Plant growth regulator and seed priming, M: Maker).

발현 양상은 저장 기간이 길어질수록 단백질 밴드가 더 희미하고 밴드수가 적게 나타나 저장기간이 길어질수록 발아율이 낮아지는 경향과 일치하는 것으로 판단된다.

지치 종자의 식물생장조절제와 종자 프라이밍 처리에 따른 발아 전 종자와 발아 후 종자의 SDS-PAGE를 이용한 단백질 발현 양상을 조사 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 발아 전 종자와 발아된 종자 사이의 단백질 발현 양상은 종자의 종피색과 저장기간에 따라 나타났던 단백질 발현 양상과 비슷한 결과로 나타났으며, 식물생장조절제 GA₃과 Kinetin 처리간의 단백질 발현 양상은 GA₃처리가 Kinetin 처리보다 단백질 밴드

가 더 선명하고 밴드의 수가 다양한 것으로 나타나 지치 종자의 발아율이 좀 더 효과적이었던 GA₃처리구에서 단백질 발현이 더 뚜렷하고 다양함을 알 수 있었다. 종자 프라이밍 PEG6000과 KNO₃처리간의 단백질 발현 양상도 발아 종자에서 발아 전 종자보다 밴드의 수와 밴드색이 진하게 나타나 발아과정에서 단백질 발현이 많이 일어남을 알 수 있으며, 단백질 발현 정도가 지치 종자의 발아율에도 영향을 미치는 것으로 판단된다. 지치 종자의 충실도와 발아율과 관련하여 저장 온도 그리고 생장조절제와 프라이밍처리에 따라 단백질 발현 차이가 나타나 이에 대한 연구는 앞으로 더 구체적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동사업의 연구비 지원(과제번호: PJ008567042013)에 의하여 수행된 연구 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Ahn YH, Jin YH, Choe CY, Lee KY and Lee SH. (2009). Ecological characteristics of *Lithospermum erythrorhizon* population in habitats. Korean Journal of Pharmacognosy. 40:289-297.
- An TJ, Shin KS, Ajn YS, H M and Park CB. (2013). Identification of fungal pathogen causing seedling rot of *Lithospermum erythrorhizon* and study on the optimum growing temperature for decreasing of the seedling rot. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:27-31.
- Boo HO, Shin JS, Hwang SJ, Bae CS and Park SH. (2012).

- Antimicrobial effects and antioxidative activities of the cosmetic composition having natural plant pigments. *Korean Journal of Plant Resources*. 25:80-88.
- Kang HJ, Yoon SY and Jeon SH.** (2004). Analysis on practicality of seed treatments for medicinal plants published in korean scientific journals. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:328-341.
- Kim GS, Park CG, Lee KH, Choi JH, Lee SE, Noh HJ, Lee JH and Kim SY.** (2011). Investigation of shikonin pigments and antioxidant activity of the roots from *Lithospermum erythrorhizon* according to the different growth stages and areas of cultivation. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:435-440.
- Kim HY, Yang CI, Choi YH, Won YJ and Lee YT.** (2007). Changes of seed viability and physico-chemical properties of milled rice with different ecotypes and storage duration. *Korean Journal of Crop Science*. 52:375-379.
- Kim JS, Han YS and Kang MH.** (2006). Identification of shikonin and its derivatives form *Lithospermum erythrorhizon*. *Korean Journal of Food and Nutrition*. 35:177-181.
- Kim SJ, Shin JH, Kim KJ, Park SD, Choi BS and Kim KU.** (1997). Effect of GA₃, kinetin and physical treatment on the seed germination of *Zanthoxylum piperitum* A.P. DC. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 5:43-48.
- Korean Research Academy of Prevent Adult Disease.** (2007) The encyclopedia of medicinal herb, and drugs. Itembooks. Seoul, Korea. p.319
- Lee SC, Park MS and Bae CH.** (2002). Germination characteristics of peg priming seed in barley. *Korean Journal of Plant Resources*. 15:18-25.
- Seo BI, LEE JH, Choi HY Kwon DY and Boo YM.** (2008) Herbology of oriental medicine. Younglimsa. Seoul, Korea. p.240-242.
- Seo YC, Kim JS, KimYo, Kim JC and Lee HY.** (2013). Immune activity of *Lithospermum erythrorhizon* extracted by extreme low temperature extraction process. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:105-111.