

GA₃ 및 播種 後 光質 處理에 따른 도라지, 더덕, 만삼의 發芽率

姜晉鎬*·朴珍緒**·金榮光**

Effect of GA₃ and Light Quality on Seed Germination in Three *Campanulan* Plants

Jin Ho Kang*, Jin Seo Park* and Yeong Gwang Kim**

ABSTRACT : Gibberellin (GA) has been widely used to break seed dormancy for better stand establishment. The experiment was done to clarify the effect of GA₃ (concentration; period) and light quality (red; white; dark) after sowing on seed germination and radicle elongation of *Campanulaceae* (*Platycodon grandiflorum*; *Codonopsis lanceolata*; *C. pilosula*) to get an information on their field emergence. The germination test was carried out with 12 hours irradiation for 9 days after priming treatment.

In the darkness, the mean germination rate of all the species was decreased in the order to *P. grandiflorum*, *C. lanceolata*, *C. pilosula*. Their mean germination rates and radicle lengths were increased with increased concentration to 0.1mM of GA₃. Earlier germination rate was higher but later one was less in 4-day GA₃ treatment than in 1- or 2-day GA₃ treatment. Light treatment, especially red light given after GA₃ treatment, eliminated the GA₃ treatment effect. Red light done after GA₃ treatment nearly blocked the germination of *P. grandiflorum* and *C. pilosula* but delayed that of *C. pilosula* compared to the other light quality treatments having the similar rate. In addition, the radicle elongation of all three species affected by light quality treatment showed the same result as the germination rate.

Key words : *Campanulaceae*, GA₃, Light quality, Germination, Radicle length.

緒 言

과종 후 필연적으로 부딪히는 외부 환경요인은 주로 온도, 수분, 광으로서 이들이 복합적으로 발아에 관여한다고 할 수 있다. 種子休眠을 적절히 타파함과 동시에 발아율을 증대시키기 위한 여러

가지 처리 중에서 前報¹⁾에서 보고한 priming과 gibberellin (GA), cytokinin 또는 ethylene 등 hormone 처리가 가장 많이 이용되고 있다. 더불어 이러한 hormone 처리 중에서 종자발아에 가장 효과적인 것은 GA로서, 특히 상대적으로 단가가 싼 GA₃가 가장 많이 이용되고 있다.

GA₃ 처리는 배의 휴면과 餘他 原因에 의하여 유

* 慶尙大學校 農學科·慶尙大學校 附屬 農漁村開發研究所 (Dept. of Agronomy and Institute of Agric. & Fish. Development, Gyeongsang Natl. University, Chinju 660 - 701, Korea)

** 慶南農村振興院 (Gyeongnam Provincial RDA, Chinju 660 - 370, Korea)

< '97. 4. 14 접수 >

발되는 종자휴면을 타파하여 발아율을 증진시킬 뿐만 아니라, 層積 또는 저온, 심지어 priming 처리를 대체하는 효과도 있는 것으로 알려져 있다^{2, 8)}. 따라서 이미 보고^{9, 10)}한 바와 같이 장기간 소요되는 층적 또는 저온처리를 단시간의 GA₃ 처리로 대체할 수 있어 종자발아에 대한 GA₃ 처리효과를 더욱 증진시킬 수 있는 방법만 설정된다면 이용범위는 확대될 것으로 예상된다.

발아율 향상을 위한 GA₃ 농도는 0.001~0.1mM로 집약되고 있으나, 적정농도는 종에 따라 다를 뿐만 아니라 처리기간과 상호 관련이 있는 것으로 알려져 있다²⁾. GA₃를 종자에 처리함으로써 배유 세포막의 軟化效果 이외에도 배유에 함유된 저장양분을 가수분해하는 효소를 활성화시켜 발아를 촉진하는 것으로 알려져 왔으나^{7, 15)}, 최근에는 종자에 함유된 abscisic acid (ABA), coumarin 등 發芽抑制物質에 대한 GA와의 相對的 含量이 증가됨으로서 발아가 촉진된다는 보고도 있다⁵⁾. 그러나 최근 外生 또는 内生 GA가 발아에 직접적으로 관여하기보다는 Phyochrome farred (Pfr)의 合成을 促進함으로써 발아를 향상시키는 것으로 집약되고 있다^{3, 18)}.

暗狀態에서 처리된 GA₃는 보리와 밀 등 화곡류 이외에도 많은 작물에서 발아를 향상·촉진시킬 뿐만 아니라²⁾, 光發芽性 種子의 暗發芽를 유도하나⁶⁾, 暗條件에서의 발아에 대한 이러한 GA₃ 처리 효과는 파종 전후의 光有無와 光質에 따라 변화되는 것으로 알려져 있다^{9, 12)}. 특히 赤色光 또는 GA₃ 처리가 상추 (cv. Grand Rapids)의 발아에 미치는 영향은 비슷하나 처리 후 시간이 경과될수록 赤色光 處理에서 발아율이 더욱 향상되며¹⁰⁾, *Nigella damascena* 종자도 이와 유사한 반응을 보이는 것으로 보고되고 있다¹⁴⁾. 한편 GA₃ 처리는 종자의 발아율도 향상시킬 뿐만 아니라 幼根伸長을 촉진하여 胚芽출을 증진시키는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾. 그러나 발아에 이은 幼根伸長은 이미 보고^{10, 11)}한 바와 같이 발아과정에서 주어지는 光有無, 나아가 光質에 따라 변화하기 때문에 胚芽출 증진을 위한 GA₃ 처리에서는 처리 前後에 주어지는 光有無 또는 光質 等 光條件을 고려하여야 할 것이다.

우리 나라에서 가장 많이 재배되고 있으면서도

相異한 발아율을 보이는 초롱꽃과 藥用作物 도라지, 더덕, 만삼의 발아율 향상과 균일한 발아를 유도할 수 있는가에 대한 정보를 얻고자 일련의 계획된 종자처리중 GA₃ 처리 후 光質處理가 發芽率 및 幼根伸長에 미치는 영향을 조사하기 위하여 본 실험을 실시하였다.

材料 및 方法

본 실험은 1994년 11월부터 1995년 4월까지 慶尙大學校 農學科 工藝作物學實驗室에서 種子發芽床을 이용하여 실시되었다. 供試材料는 충남금산의 재래시장에서 여러 개의 seed lot로부터 일부 종자를 구입하여 발아시험을 수행한 후 발아가 가장 양호한 lot의 종자를 이용하였다. 시험은 흡습지 1매를 간 직경 9cm의 petri dish에 종자를 넣은 후 발아 최적온도인 20°C¹⁾로 고정된 발아상에 치상하였으며, 供試種에 따라 水分 공급을 달리하였다. 기타 시험절차는 AOSA rule¹⁾에 준하여 실시하였다.

본 실험은 현재 농가에서 재배되고 있는 도라지, 더덕과 만삼을 供試하여 2개 항목으로 분리하여 행하여졌다. 항목 1은 GA₃ 처리가 供試種의 發芽 및 幼根伸長에 미치는 영향을 구명하여 최적 처리조건을 설정하고자 농도를 0 (無處理), 0.001, 0.01, 0.1mM로, 沈漬期間을 0 (無處理), 1, 2, 4일로 농도와 처리기간을 각각 4수준으로 분리·처리한 후 요인시험 3반복으로 실시하였으며, GA₃ 처리 또는 발아 과정 모두 暗條件에서 수행하였다.

항목 2는 3개의 供試種을 暗條件에서 GA₃ 0 (無處理), 0.001, 0.01, 0.1mM의 GA₃에 위 항목 1에서 도출한 최적 결과인 3일간 침지한 후 발아과정에서 1일 12시간의 赤色光, 白色光 또는 暗狀態로 光質處理를 가하였다. 항목 2의 光質處理중 赤色光은 원형의 halogen lamp에다 정점이 656nm이고, half band가 10nm인 filter (Melles Griot Co., USA)를 부착하여 처리하였는데 光度는 15~20μE m⁻² s⁻¹이었고, 白色光은 halogen lamp를 그대로 사용하였으며 光度는 45~60μE m⁻² s⁻¹이었다.

이상의 처리에 의하여 유근이 1mm 이상 돌출한 것을 발아 개체로 하여 매일 발아수를, 幼根長은 下胚軸을 포함한 전체 길이를 치상 5, 7, 9일 후에

조사하였다. 시험결과는 각 처리요인의 전체 평균과 요인간 상호작용을 먼저 분석한 후 요인간 상호작용이 있을 경우 그 결과를 도시하였다.

結果 및 考察

1. 發芽率

도라지, 더덕, 만삼 종자에 대한 최적 GA_3 처리 조건을 설정하기 위하여 暗狀態에서 처리된 GA_3 濃度 및 浸漬期間에 따른 처리수준별 1일 平均發芽率과 처리요인간의 상호작용은 표 1과 같다. 平均發芽率은 供試種, GA_3 농도, 침지기간 모두 처리

수준간 차이를 보였으며 이들 처리요인간에도 상호작용이 있었다. 供試種의 발아율은 前報¹¹⁾ 暗狀態에서의 priming 처리결과와는 달리 GA_3 처리로 인하여 더덕의 발아율이 현저히 증대되었다. 한편 GA_3 濃度에 대한 반응으로서 GA_3 를 처리하지 않는 것에 비하여 처리농도를 0.1mM까지 증가할수록 발아가 촉진·향상되었으며, 전혀 침지를 가하지 않은 종자에 비하여 GA_3 로 침지를 가할 경우 발아율이 향상되었고, 특히 침지기간을 4일로 연장할수록 초기 발아율이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 GA_3 처리로 초롱꽃과 약용작물의 발아 또는 입묘증진을 위하여는 0.1mM로 4일간 침지하는 것이 가장 바람직할 것으로 보인다.

Table 1. Percent germination and mean radicle length (RL) of *Campanulaceae* as influenced by imbibition period and concentration of GA_3 .

Parameters	Level	Days after sowing									
		3	4	5	6	7	8	9	5	7	9
	 % germination RL, cm		
Species (S)	PG [†]	9.8	27.5	52.0	68.8	77.4	82.5	85.0	0.54	1.12	1.79
	CL	19.6	40.5	55.1	65.8	71.9	76.4	79.2	0.88	1.43	2.08
	CP	10.2	24.7	43.6	53.6	61.9	67.5	71.0	0.46	1.06	2.37
	LSD.05	1.0	1.6	1.7	1.6	1.3	1.1	1.3	0.03	0.05	0.06
Concentration (mM, C)	0.000	5.5	20.5	38.9	53.1	62.7	68.6	72.9	0.53	1.05	1.89
	0.001	9.9	25.8	43.9	57.5	65.9	71.9	74.9	0.56	1.06	2.03
	0.010	13.9	31.6	50.8	62.8	70.8	76.2	78.6	0.61	1.20	2.10
	0.100	23.4	45.7	67.3	77.6	82.1	85.1	87.4	0.81	1.51	2.30
	LSD.05	1.2	1.9	2.0	1.8	1.5	1.3	1.5	0.03	0.05	0.07
Imbibition (I) period (days)	0	1.3	17.5	40.8	56.4	66.0	71.7	75.8	0.52	1.11	2.08
	1	11.1	33.8	53.6	65.4	73.4	79.6	81.6	0.53	1.13	2.03
	2	10.4	28.0	50.3	63.8	72.2	77.8	80.2	0.60	1.15	1.90
	4	30.1	44.3	56.3	65.4	70.3	73.8	76.1	0.86	1.44	2.31
	LSD.05	1.2	1.9	2.0	1.8	1.5	1.3	1.5	0.03	0.05	0.07
S × C		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
S × I		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C × I		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
S × C × I		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

[†] PG, *Platycodon grandiflorum*; CL, *Codonopsis lanceolata*; CP, *C. pilosula*.

*, ** Significant at 0.05 or 0.01 probability.

供試種, GA₃ 濃度 및 浸漬期間간에 상호작용이 있는 것으로 분석되어 (표 1) 이들 수준별 發芽率變化를 圖示한 것은 그림 1과 같다. 도라지의 발아율은 他供試種에 비하여 상대적으로 처리들간에 변화가 적었던 반면, 더덕의 발아율은 無處理, 즉 증류수에 침지하는 것보다는 GA₃ 용액에 침지할 경우 향상되었고, 특히 0.001~0.01mM에서 1일간 침지할 경우 가장 높았다. 만삼의 발아율은 침

지기간 4일에서 GA₃ 농도가 증가할수록 발아율이 현저히 증가하는 경향이였다. GA₃ 0.1mM에 3일간 처리로 만삼의 발아율이 현저히 증가되는 本試驗結果와 priming 처리로 발아율이 현저히 증가되었다는 前報¹¹⁾의 결과로부터 만삼의 발아율이 지극히 저조한 研究報告⁸⁾는 만삼종자의 휴면을 타파할 수 있는 처리가 이루어지지 않은 채 행한 결과로 보여져 만삼의 발아율은 파종 전 적절한 종자처리를

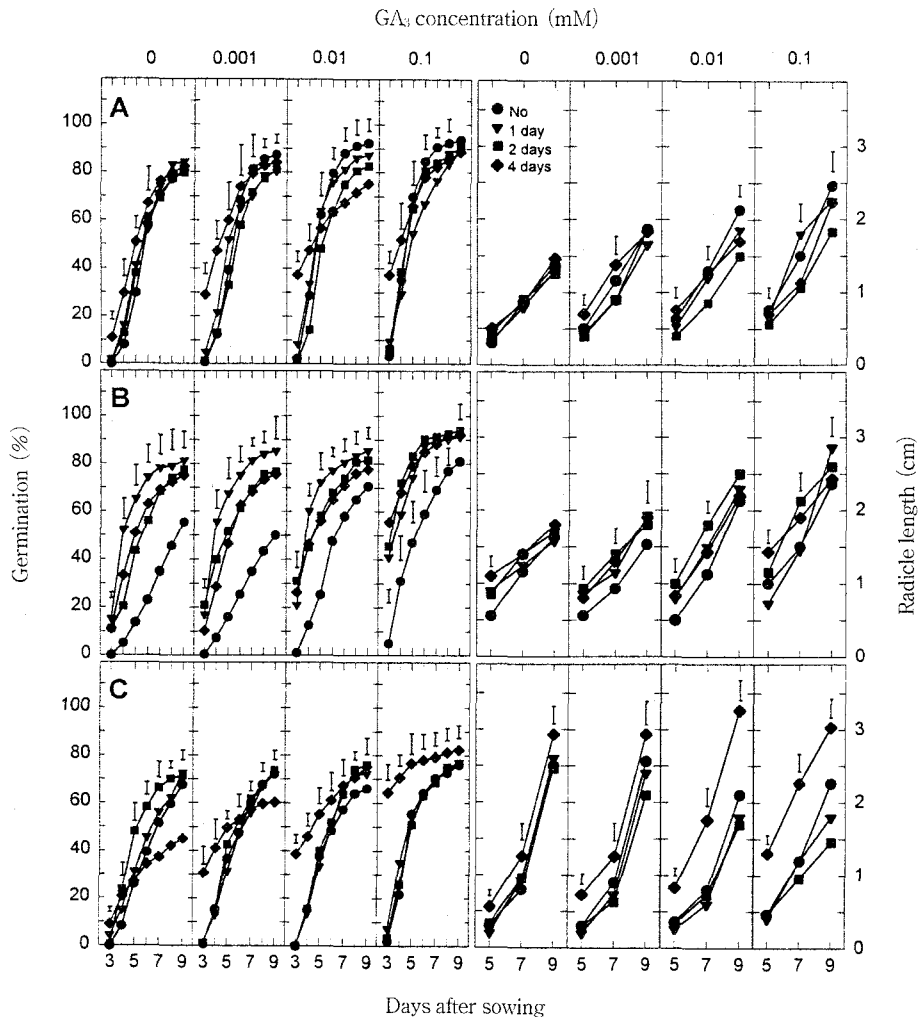


Fig. 1. Effect of GA₃ concentration and its treatment period on seed germination (left-sided) and radicle elongation (right-sided) of *Campanulaceae*. Letters indicate A, *Platycodon grandiflorum*; B, *Codonopsis lanceolata* and C, *C. pilosula*. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significance for the same day after sowing, respectively.

통하여 향상될 것으로 예측된다.

GA₃ 농도를 달리하여 위 항목 1의 최적 결과인 暗狀態에서 3일간 처리한 후 발아과정에서 가해지는 光質이 各供試種의 平均發芽率에 미치는 영향은 표 2와 같다. 조사기간중 全處理要因에 대한 平均發芽率은 供試種, GA₃ 濃度 그리고 光質 모두 처리수준간 차이를 보였으며, 이들 처리요인간에 상호작용이 있었다. GA₃ 처리 또는 발아 과정 모두 暗狀態에서 행한 결과 (표 1)와는 달리 발아중의 光質處理로 平均發芽率은 더덕에서는 향상된 반면, 도라지와 만삼에서는 현저히 억제되었다. GA₃ 處理濃度는 발아 초기에는 처리농도가 0.1mM로 증가할수록 平均發芽率은 증가하였으나 발아기간이 길어질수록 處理效果가 소멸되는 것으로 나

타났다. GA₃ 처리 후 光에 대한 반응으로서 白色光에 비하여 赤色光으로 照射할 경우 발아가 현저히 억제되었으며, 한편 赤色光 또는 白色光으로 照射하는 것보다는 暗狀態에서 발아시킬 경우 발아율이 높았다.

供試種, GA₃ 처리농도와 光質간에 發芽率은 상호작용을 보여 (표 2) 이들 요인의 처리수준에 따른 發芽率變化를 圖示한 것은 그림 2와 같다. 도라지와 만삼은 GA₃ 처리 有無 또는 濃度에 관계없이 暗狀態에서 증류수 또는 GA₃에 3일간 침지한 후 赤色光을 照明할 경우 발아가 거의 일어나지 않거나 일부만 발아되었다. 그러나 더덕은 도라지와 만삼처럼 白色光과 暗狀態에서는 발아율에 차이가 없었으나 치상 8일까지 GA₃ 處理 有無 또는 濃度에

Table 2. Percent germination and mean radicle length (RL) of *Campanulaceae* as influenced by concentration of GA₃ and light quality.

Parameters	Level	Days after sowing									
		3	4	5	6	7	8	9	5	7	9
	 % germination RL, cm		
Species (S)	PG [†]	0.6	5.3	22.3	41.4	50.1	53.8	58.3	0.24	0.57	1.17
	CL	4.6	22.1	46.9	58.9	72.2	83.4	88.5	0.39	0.86	1.80
	CP	0.4	7.2	20.8	34.8	43.4	50.6	58.2	0.17	0.47	1.12
	LSD.05	0.7	1.4	1.8	1.9	1.5	1.2	1.1	0.02	0.04	0.12
Concentration (mM, C)	0.000	0.6	7.9	24.3	39.2	50.4	60.8	66.4	0.24	0.54	1.20
	0.001	1.2	9.3	26.8	42.9	53.0	60.2	66.4	0.26	0.61	1.29
	0.010	1.4	10.0	29.9	45.8	55.9	63.1	69.1	0.27	0.67	1.37
	0.100	4.4	18.9	38.9	52.4	61.6	66.2	71.4	0.30	0.70	1.59
LSD.05	0.8	1.6	2.0	2.2	1.7	1.4	1.3	0.02	0.05	0.14	
Light (L) quality	Red	0.4	1.0	5.9	9.7	17.2	26.6	34.4	0.07	0.14	0.39
	White	1.7	12.5	36.1	59.5	71.0	78.6	84.5	0.36	0.80	1.67
	Dark	3.5	21.1	48.0	66.1	77.5	82.6	86.0	0.38	0.95	2.03
	LSD.05	0.7	1.4	1.8	1.9	1.5	1.2	1.1	0.02	0.04	0.12
S × C		**	**	**	**	**	**	**	**	ns	**
S × L		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C × L		**	**	**	**	**	**	**	**	ns	ns
S × C × L		**	**	**	**	**	**	**	**	**	ns

[†] PG, *Platycodon grandiflorum*; CL, *Codonopsis lanceolata*; CP, *C. pilosula*.
ns, *, ** Nonsignificant or Significant at 0.05 or 0.01 probability, respectively.

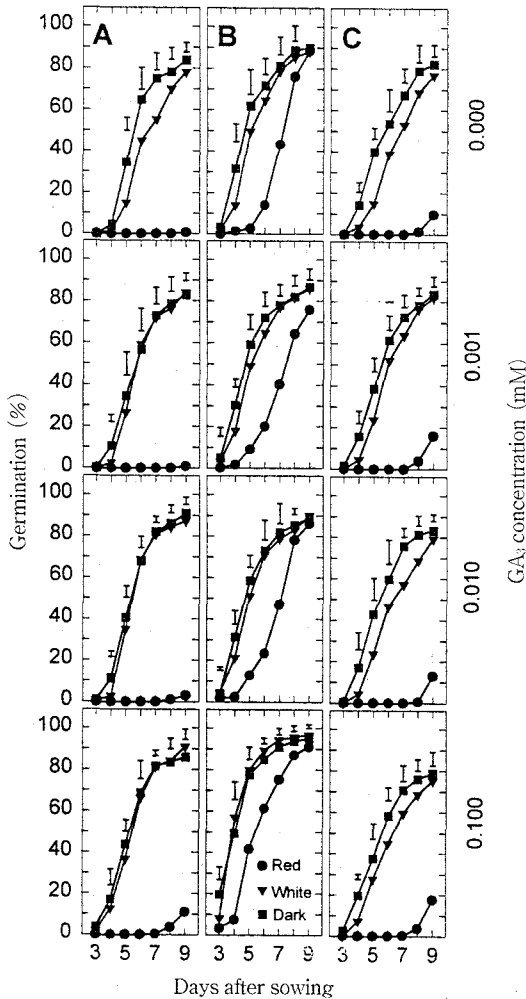


Fig. 2. Effect of light quality and GA_3 concentration on seed germination of *Campanulaceae*. Letters indicate A, *Platycodon grandiflorum*; B, *Codonopsis lanceolata* and C, *C. pilosula*. Vertical or non-vertical bars represent LSD.05 or non-significance for the same day after sowing, respectively.

관계없이 赤色光 處理에서 발아율이 낮아 발아가 지연되는 경향이였다.

暗狀態에서 처리된 GA_3 는 대부분의 종자발아를 촉진 또는 향상시키며³⁾, 光發芽性 種子의 光要求度를 소멸시키는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 暗狀態에

서 처리된 이상의 결과에서도 농도와 처리기간이 적절할 경우 발아율은 향상될 것으로 기대되나, 前報의 結果들^{10,11)}과는 달리 도라지와 만삼은 GA_3 처리 후에 주어지는 赤色光으로 발아가 완전히 억압되고 더덕처럼 지연되는 현상은 침지기간의 차이, 즉 無浸漬¹⁰⁾와 本試驗에서의 3일간의 침지, 그리고 침지 후 光質이 Kendrick가 제시한 phytochrome의 Pr과 Pfr의 光可逆的反應²⁾에 영향을 미치거나, 또는 暗狀態에서 장기간 침지로 Pr 비율이 높기 때문에 赤色光 處理로 발아율이 향상·촉진될 것으로 예측되었으나³⁾, 동굴레의 上胚軸 休眠打破¹²⁾ 또는 本試驗의 結果와 같이 赤色光 處理로 발아가 억압되는 현상은 초롱꽃과 약용작물의 종자 발아에는 phytochrome이 아닌 Blue/UV- photoreceptors가 관여할 수 있다는 결과¹⁶⁾로 해석되며 이에 대하여는 추후 세밀한 검증이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

2. 幼根伸長

도라지, 더덕, 만삼 종자에 대한 최적 GA_3 처리 조건을 설정하기 위하여 暗狀態에서 처리된 GA_3 농도 및 침지기간에 따른 처리수준별 幼根長과 처리요인간 상호작용은 표 1과 같다. 모든 요인에서 처리수준간 차이가 있었고 이들 요인간에도 高度의 相互作用을 보였다. 供試種의 幼根長은 발아 초기에는 더덕에서, 발아 후기인 치상 후 9일에는 만삼에서 가장 길어 前報¹¹⁾의 priming 처리와는 약간 相異한 결과를 보였다.

GA_3 처리에 대한 幼根伸長은 발아율과 마찬가지로 처리농도가 0.1mM로 증가하고, 처리기간이 4일로 길어질수록 촉진되는 경향을 보였다. 供試種, GA_3 농도 및 침지기간에 相互作用이 있어 (표 1) 이들 요인의 처리수준별 幼根長의 變化를 圖示한 것은 그림 1과 같다. 도라지와 더덕은 GA_3 처리농도가 증가할수록 幼根長이 증가하는 경향이였으나 만삼을 제외하고는 처리기간간에는 일정한 경향이 없었던 반면, 만삼은 4일간 처리할 경우 처리농도를 증가시키면 유근신장이 촉진되는 것으로 나타났다.

上記 試驗에서의 최적 결과인 暗狀態에서 3일간 종류수 또는 GA_3 에 침지한 후 발아과정에서 光質

을 달리 처리한 결과 各要因別 幼根長의 변화는 표 2와 같다. GA₃ 처리에 의하여 幼根伸長이 촉진된다고 할지라도 暗狀態에서 행한 결과와는 달리 도라지와 만삼의 幼根長은 發芽中 光質의 영향으로 현저히 짧아지는 경향을 보였다. 특히 赤色光은 白色光 또는 暗狀態에 비하여 발아 뿐만 아니라 幼根伸長도 억제하였는데, 이러한 경향은 赤色光 處理로 발아율이 낮은 도라지와 만삼에서 현저한 것으로 조사되었다 (Data not shown here).

暗狀態로 처리된 GA₃는 세포분열을 활성화하여 幼根伸長을 촉진하며¹⁷⁾, 발아과정에서 주어지는 光質中 赤色光은 幼根 또는 下胚軸 伸長을 억제한다는 既存의 報告¹⁸⁾와 本 試驗의 결과는 일치하는 경향을 보였다. 따라서 초롱꽃과 약용작물의 발아율을 증진시키기 위한 GA₃ 처리시에는 반드시 처리 후 주어지는 光條件을 고려하여야 할 것이다.

摘 要

본 연구는 前報^{16,17)}에 이어 초롱꽃과 약용작물 중에서 농가에서 재배되고 있는 도라지, 더덕, 만삼 종자의 發芽 및 幼根伸長에 미치는 GA₃ 처리방법 (濃度, 浸漬期間)과 GA₃ 처리 후 발아과정에서의 光質 (赤色光, 白色光, 暗狀態) 효과를 조사하여 이들 種의 生育율 향상에 관한 정보를 제공하고자 실시하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 平均發芽率은 GA₃ 처리 후 발아시 暗條件에서는 도라지, 더덕, 만삼 순으로 감소하였다. 그러나 GA₃ 처리 후 光質處理로 인하여 도라지와 만삼은 발아가 억제된 반면, 더덕은 발아율이 오히려 향상되어 供試種 중에서 가장 높았다.

2. 暗狀態로 수행된 GA₃ 처리 시험에서의 平均發芽率은 無處理에서 0.1mM로 처리농도를 증가시킬수록 증가하였던 반면, 1~2일간 처리하는 것에 비하여 4일간 처리할 경우 초기의 발아율은 높았으나 후기 발아율은 낮았다.

3. 供試種의 발아 또는 유근신장에 대한 GA₃ 처리효과는 GA₃ 처리 후에 주어지는 光質, 주로 赤色光에 의하여 GA₃ 처리효과가 거의 소멸되는 것으로 나타났다.

4. GA₃ 처리 후 赤色光 處理는 도라지와 만삼의

발아를 거의 억제하였으며, 더덕의 발아를 현저히 지연시켰던 반면, 白色光 또는 暗處理에서의 발아율은 상호 비슷한 것으로 나타났다.

引用文獻

1. AOSA. 1981. Rules for testing seeds. In L. O. Copeland (ed.). J. Seed Tech. 6(2) : 1-125.
2. Bewley, J.D. and M. Black. 1982. The release from dormancy. pp. 127-198. In J.D. Bewley and M. Black (eds.). Physiology and Biochemistry of Seeds. Springer-Verlag, Berlin, Heideberg, Germany.
3. Bewley, J.D. and M. Black. 1994. Dormancy and the control of germination. pp. 199-271. In J.D. Bewley and M. Black (eds.). Seeds. Plenum Press, 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA.
4. 충북농촌진흥원. 1989. 주요약초 발아조사. 충북농시연보 89 : 205-206.
5. Derkx, M.P.M. and C.M. Karssen. 1993. Effects of light and temperature on seed dormancy and gibberellin-stimulated germination in *Arabidopsis thaliana*: studies with gibberellin-deficient and -insensitive mutants. Physiologia Plantarum 89(2) : 360-368.
6. Giba, Z., D. Grubisic, and R. Konjevic. 1993. The effect of White light, growth regulators and temperature on the germination of blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) seeds. Seed Sci. Tech. 21(3) : 521-529.
7. Groot, S. P. C. and C. M. Karssen. 1987. Gibberellins regulate seed germination in tomato by endosperm weakening: A study with gibberellin-deficient mutants. Planta 171 : 525-531.
8. Hilhorst, H.W. and C.M. Karssen. 1988. Dual effect of light on the gibberellin- and nitrate-stimulated seed germination of

- Sisymbrium officinale* and *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiol. 86 : 591-597.
9. _____, D.I. Kim, O.G. Ryu, E.S. Kim and Y.G. Kim. 1997. Effect of chilling, GA₃ and light quality as pretreatment before sowing on *Bupleurum falcatum* seed germination. Korean J. Crop Sci. 42(4) : 384-391.
 10. _____, J.S. Park and Y.S. Ryu. 1997. Effect of prechilling, light quality and daily irradiation hours on seed germination in three *Campanulan* plants. Korean J. Medicinal Crop Sci. 5(2) : 131-138.
 11. _____, _____ and D.I. Kim. 1997. Effect of priming and light quality on seed germination in three *Campanulan* plants. Korean J. Medicinal Crop Sci. 5(2) : 139-146.
 12. _____, Y.S. Ryu, S.H. Kim, K.H. Jang and D.G. Kim. 1996. Study on dormancy mechanism and breaking epicotyl dormancy of *Polygonatum odoratum* seed - Effects of various seed treatments on its germination, bulbil formation and epicotyl elongation. RDA. J. Agric. Sci. (Agric. Inst. Cooperation) 38 : 157-169.
 13. Martinez, J.F. and J.L. Garcia-Martinez. 1992. Interaction of gibberellins and phytochrome in the control of cowpea epicotyl elongation. Physiologia Plantarum 86 : 236-244.
 14. Rudniski, R.M. and E. Kaukovirta. 1991. The influence of seed uniformity, GA, and red light on germination and seedling emergence of *Nigella damascena* L. Seed Sci. Tech. 19 : 597-603.
 15. Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. Hormones and growth regulators : auxins and gibberellin. pp. 357-381. In F.B. Salisbury and C.W. Ross (eds.). Plant Physiology (4th ed.). Wadsworth Pub. Co., Belmont, CA, USA.
 16. Senger, H. and W. Schmidt. 1994. Blue-light and UV-receptors. pp. 301-350. In R. E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg (eds.). Photomorphogenesis in plants. Kluwer Academic Pub., 101 Philip Drive, Norwell, MA 02061, USA.
 17. Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Gibberellins. pp. 426-451. In L. Taiz and E. Zeiger (eds.). Plant Physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Co. Inc., 390 Bridge Parkway, Redwood City, New York, CA 94065, USA.
 18. Vidaver, W. and A.I. Hsiao. 1974. Actions of gibberellic acid and phytochrome on the germination of Grand Rapids lettuce seeds. Plant Physiol. 53 : 266-268.