韓資植誌 Korean J.Plant.Res. 11(2) 124~130(1998)

파종전후 종자에 가해지는 광질, GA_3 및 온도에 따른 담배의 발아율

강진호, 강신윤, 김동일, 한경수, 조명조[1]
경상대학교 농학과, [1]한국인삼연초연구소

Effect of Light Quality, GA_3 and Temperature as Treatments Before or During Germination on Tobacco Seed Germinability

Jin Ho Kang, Shin Yun Kang, Dong Il Kim, Kyung Soo Han and Myung Cho Cho[1]
Dept. of Agronomy, Gyeongsang Natl. University, Chinju 660-701, Korea
[1]Korea Ginseng & Tobacco Res. Insti., P. O. Box 59, Suwon 441-480, Korea

ABSTRACT

It failed occasionally to take a reasonable emergence rate since tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seeds were planted on late Jan. showing lowest temperature. This experiment was done to measure the effect of GA_3 (concentration; period), light quality (red; white; dark) during or after its treatment, daily irradiation hours (0; 8; 12; 16) and germination temperature (20 or 10℃ constant; 20/10℃ alternating) on the germination rate. Red and white light given during germination showed no differences between the other daily irradiation hours except that 8 hours red light delayed germination although their 12 hours irradiation had the greatest rate. The rate was increased with increased concentration to GA_3 0.01 mM or increased imbibition period to 3 days although the rate of cv. NC 82 was less than that of cv. Burley 21 in the case of dark imbibition of GA_3 but daily 12 hours irradiation during germination. Light quality forced during GA_3 imbibition eliminated such effect of GA_3 shown in the darkness so that only light quality pretreatment and temperature during germination were affected on the rate. The germination rate of the cultivars was decreased in the order of red, white light, darkness meaning that it was highly influenced by the light quality during GA_3 treatment. Regardless of GA_3 or light quality treatment, on the other hand, the rate was greater in 20℃ constant than 10℃ constant and 20/10℃ alternating germination temperature having similar germinative patterns.

Key words: *Nicotiana tabacum*, germination, GA_3, light quality, irradiation hours, temperature

緖 言

한국 남부지역에서 벼 前作物로 재배되는 담배는 기온이 아주 낮은 1월 하순에 비닐하우스 내에서 파종과 육묘가 이루어지고 있다. 특히 無加溫 비닐하우스는 양야간 온도변화가 극심하기 때문에 효율적인 육묘를 위하여 불량환경에서도 발아율과 균일성을 향상시킬 수 있는 방법으로서 간편하게 적용할 수 있는 종자처리 방법이 모색될 수 있을 것이다. 더불어 담배종자는 매년 한국인삼연초연구소에서 독점적으로 농가에 공급하고 있기 때문에 종자를 재배농가에 공급하기 전에 종자처리를 통하여 발아율, 발아균일성뿐만 아니라 耐環境性, 특히 耐低溫性을 증대시킬 수 있다면 파급효과는 클 것으로 기대된다.

종자의 발아율을 높이기 위한 일반적인 종자처리로는 後熟, 加溫, 變溫 등 온도조절, 광 유무 또는 광질 등 광 조절, 질소화합물 또는 생장조절제 처리 등

본 연구는 1997년도 교육부 학술연구조성비에 의하여 수행된 연구결과의 일부임.

의 방법이 활용되고 있다. 그러나 담배는 품종에 따라 다소 다르다고 할지라도 광발아 종자로 알려져 있어서(Min, 1990) 광 유무, 광질, 일장 등 광과 관련된 처리로 인하여 발아율은 현저히 영향을 받을 것으로 예측된다.

발아와 관련이 있는 종자의 광인지색소는 광가역반응을 일으키는 Phytochrome red (Pr)와 Phytochrome far-red (Pfr)로 구성되어 있는 Phytochrome B (*Phy* B)이며, 이러한 광가역반응은 종자가 일정 이상의 수분을 함유한 등숙 또는 발아 기간중에 일어나는 것으로 알려져 있다(Bewley와 Black, 1982). 이러한 광가역반응은 浸漬가 이루어진 종자에서 Pr로부터 전환되는 Pfr이 일정한 비율에 도달하면 새로운 gibberellic acid (GA) 합성이 촉진되어 발아가 시작되는 것으로 보고되고 있다(Mancinelli, 1994; Taiz와 Zeiger, 1991). 따라서 광발아성인 담배 종자는 Pfr 비율이 아주 낮기 때문에(Bewley와 Black, 1982) 파종 전후에 적색광을 인위적으로 처리하여 Pfr의 비율을 상대적으로 증가시킴으로써 발아율 나아가 입묘율을 향상시킬 수 있을 것이다.

더불어 담배종자의 발아에 영향을 미치는 광과 관련된 요인은 광가역반응을 유도하는 광질 이외에도 광도와 광持續시간, 즉 1일 광 처리시간이라 할 수 있다. 高光度 (HIR; high irradiance response)에서 반응하며 식물의 개화와 관련이 있는 Phytochrome A (*Phy* A)와 달리 종자발아와 관련이 있는 Phy B는 아주 弱光에서도 Pr과 Pfr의 상호전환이 일어나는 것으로 알려져 있어(Mancinelli, 1994) 광도가 담배 종자의 발아에 미치는 영향은 적다고 할 수 있다. 한편 종간 차이가 있을지라도 발아과정에서의 日長, 즉 1일 광처리 시간도 발아에 영향을 미치는 것으로 보고(Frankland와 Toylorson, 1983)되고 있어서 파종 전후에 자연 또는 인위적으로 주어지는 광조건이 특정 종의 발아율을 변화시킨다고 할 수 있다. 그러므로 광발아성인 담배 종자의 발아를 안정화시키기 위하여는 먼저 광조건을 고려한 후 여타 종자 처리조건을 설정하여야 할 것이다.

장기간 소요되는 층적 또는 저온처리, 심지어 priming의 대체효과도 있을 뿐만 아니라 胚休眠과 여타 원인에 의하여 유발되는 종자휴면을 타파하여 발아율을 증진시키기 위하여 생장조절제 GA_3가 많이 이용되고 있다(Bewley와 Black, 1994; Saha 등, 1990; Taiz와 Zeiger, 1991). 그러나 시호는 GA_3 처리 전후에 가하여지는 광에 의하여 GA_3 처리효과가 소멸되며 심지어 일부작물에서는 억제되는 것으로 보고되고 있는데(Kang 등, 1997; Kang 등, 1997), 광발아성인 담배 종자도 GA_3 처리로 광요구도가 소멸되어 암발아성으로 변화되는 것으로 알려져 있다(Khalil, 1992). 따라서 불량한 환경조건에서 파종되는 담배의 발아율을 높이기 위한 GA_3 처리는 광조건에 따라 그 효과가 달라질 것으로 예측되어서 파종 전후에 가해지는 광질과 일장, GA_3 농도와 침지기간 및 발아온도에 따른 담배의 발아율 변화를 추적함으로써 불량환경에서도 발아율을 향상시킬 수 있는 종자처리 방법을 모색하고자 본 연구를 실시하였다.

材料 및 方法

본 연구는 1997년 7월부터 1997년 12월까지 경상대학교 농학과 공예작물학실험실에서 종자발아상을 이용하여 실시하였다. 직경 9cm의 petri dish에 흡습지 1매를 깔고 반복당 100립의 종자를 치상한 후 매일 수분을 공급하면서 시험을 수행하였다. 기타 시험절차는 AOSA(AOSA, 1981) 또는 ISTA(ISTA, 1985) rule에 준하여 실시하였다.

3개 시험으로 분리·수행된 본 연구의 처리로는 시험 1은 치상 후의 광질에 따른 1일 광처리시간을 설정하고자 증류수에 침지하지 않은 Burley 계통의 Burley 21 종자를 광질을 적색광, 백색광과 대조구 암조건의 3개 요인으로, 광질별 1일 광처리시간을 8, 12 또는 16시간의 3개 수준으로 구분·처리하였으며, 발아온도는 晝夜 20℃ 항온으로 고정하였다. 시험 2는 최적 GA_3 처리방법을 설정하고자 우리 나라에서 가장 많이 재배되고 있는 황색종인 NC 82와 Burley 계통의 Burley 21을 공시하여 GA_3 0(증류수), 0.001, 0.01, 0.1 mM의 4개 농도로 구분하여 20℃의 암상태에서 0(無浸漬), 1, 2, 3일로 침지기간을 달리하여 처리를 가하였으며 발아시험은 시험 1에서 도출된 1일 12시간의 백색광을 照射하면서 晝夜 20℃ 항온으로 고정하여 수행하였다. 시험 3은 종자가 재배농가에 공급되기 전 종자처리로서의 가능성을 탐색하고자 시험 1과 2에서 도출된 최적 결과를 이용하여 증류수로 3

일간 침지한 광처리와 0.01mM에 3일간 침지한 GA_3 처리 유무로 구분하고 3일간 침지시 1일 12시간으로 적색광 또는 백색광을 照射하거나 대조구 암조건으로 광질을 처리한 후 발아시 온도를 晝夜 20℃ 항온, 10℃ 항온과 20/10℃ 변온의 3개 처리로 구분하여 백색광을 1일 12시간 照射하면서 시험을 수행하였다. 이상의 광질조건에서 적색광은 정점이 656㎚이고, half band가 10㎚인 filter (Melles Griot Co., USA)를 원형의 halogen lamp에 부착하여 처리하였는데 광도는 15~20μE m-2 s-1이었던 반면, 백색광은 halogen lamp를 그대로 사용하였으며 광도는 45~60μE m-2 s-1이었다.

幼根이 1mm 이상 돌출한 것을 발아 개체로 하여 치상 후 9~11일까지 발아수를 매일 조사하였으며, 시험 3은 요인별 처리수준간 통계분석을 실시하여 조사기간중 처리수준간 유의성이 없는 요인을 제외하는 방법으로 시험결과를 분석하였다.

結果 및 考察

침지시키지 않은 Burley 21 종자를 공시재료로 발아중 가해지는 광질과 1일 照射시간이 담배의 발아율에 미치는 영향은 그림 1과 같다. 발아는 빛이 없는 암처리에 비하여 광색광 照射시 1일 12시간 처리에서 높았던 반면, 1일 照射시간이 상대적으로 가장 긴 16시간에서는 억제되었고 가장 짧은 8시간에서는 지연되는 경향을 보였다. 그러나 백색광에서는 지상 7일 후 1일 12시간, 8시간, 전혀 빛을 가하지 않은 암처리, 1일 16시간 순으로 감소하였다.

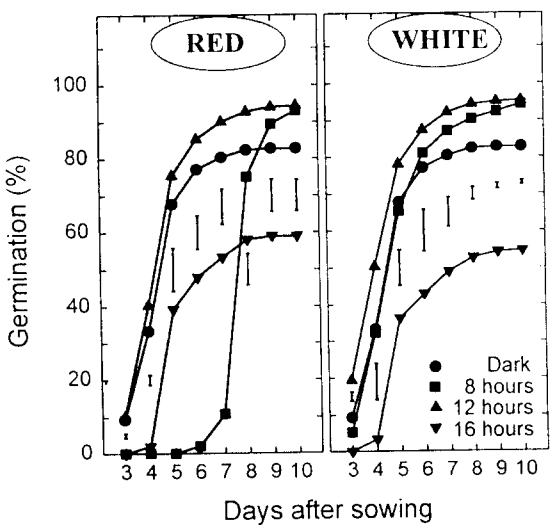

Fig. 1. Daily percent germination of tobacco seed (cv. Burley 21) as affected by light quality and its duration after sowing. Vertical bars represent LSD.05 value for the same day after sowing.

종자가 토양 속에 매몰되지 않을 때는 태양광선을 직접 받기 때문에 상대적으로 초적색광에 비하여 적색광을 많이 받으나 종자가 토양 속에 매몰되는 경우 토양속 6~9mm까지는 적색광에 비하여 초적색광을 많이 받는다는 연구결과(Frankland와 Taylorson, 1983)와 담배종자는 극히 소립이어서 복토가 아주 얇게 이루어지기 때문에 파종 후 담배종자가 처한 광조건은 적어도 본 시험의 적색광과 백색광 처리에 준한다고 할 수 있다. 더불어 남부지방에서 담배의 파종이 이루어지는 1월 하순의 일장은 黎明과 석양을 고려할 경우 1일 12시간 정도에 해당되고 상기 시험에서 적색광과 백색광 모두 1일 12시간의 처리에서 발아율이 가장 높고 나아가 파종 후 복토를 행하는 관행육묘에서의 적색광이 백색광이기 때문에(Frankland와 Taylorson, 1983) 담배종자가 재배농가로 공급되기 전에 실내에서 일괄적으로 행할 수 있는 종자처리 방법이 설정될 수 있다면 바로 포장출현율 증대로 이어질 것으로 기대된다.

담배의 발아율을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되는 GA_3의 최적 처리조건을 설정하기 위하여 암상태에서 NC 82와 Burley 21 종자를 침지농도와 침지기간을 달리 처리한 후 상기 시험에서 도출한 발아기간중 1일 12시간의 백색광을 照射하여 얻은 처리요인별 평균발아율은 표 1과 같다. 발아율은 치상 3일 후부터 황색종인 NC 82에 비하여 Burley 21에서 높았고, GA_3 농도를 무처리에서 0.001, 0.01mM로 증가시킬수록 향상되나 0.01mM과 0.1mM간에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. GA_3 침지기간에 따른 발아율은 무처리, 즉 GA_3를 처리하지 않은 것에 비하여 GA_3를 처리하거나, 처리기간을 1일에서 3일로 증가할수록 초기 발아율이 향상되었다. 따라서 담배종자는 20℃에서 4일 이상 GA_3을 처리할 경우 처리중 幼根이 돌출되기 때문에 (결과 미제시) GA_3는 0.01 mM에 3일간 처리하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

NC 82에 비하여 Burley 21의 종자에 이상의 2개

Table 1. Daily percent germination of tobacco seed as affected by its cultivar, imbibition concentration and period of GA3[1)]

Parameters	Days after sowing						
	3	4	5	6	7	8	9
	% germination						
Cultivar							
NC 82	3.6	11.8	31.9	43.9	62.8	77.2	81.3
Burley 21	3.1	16.3	46.6	62.6	79.9	84.6	85.6
LSD.05	ns	0.9	2.2	2.6	3.3	2.5	2.6
GA_3 concentration (mM)							
0.000	0.5	2.9	32.5	47.5	67.7	77.8	81.2
0.001	0.8	12.3	38.4	50.7	69.2	79.5	81.7
0.010	5.2	20.7	41.9	55.8	73.1	82.5	84.8
0.100	6.9	20.4	44.3	59.1	75.2	83.9	86.0
LSD.05	0.9	1.3	3.2	3.6	4.6	3.5	3.7
Imbibition period (days)							
0	0.0	0.0	2.0	11.0	48.0	72.2	76.7
1	0.0	0.0	18.9	46.8	73.1	80.3	83.4
2	1.1	13.1	64.0	76.0	81.8	85.7	87.2
3	11.3	43.1	72.1	79.3	82.3	85.5	87.2
LSD.05	0.9	1.3	3.2	3.7	4.6	3.5	3.7

[1)]Germination test was done at 20 constant temperature and daily 12 hours illumination with halogen lamp.
ns, ** Nonsignificant, significant at 0.01 probability, respectively.

시험에서 도출된 최적결과인 0.01mM에 3일간 GA_3 처리를 가하거나 또는 가하지 않은 GA_3의 처리 유무, GA_3 처리중 적색광, 백색광 또는 대조구 암반응로 광질을 분리 · 처리한 후 발아온도를 晝夜 20℃ 항온, 10℃ 항온, 20/10℃ 변온으로 구분하여 1일 12시간 백색광을 照射하면서 실시한 발아시험의 각 요인별 발아율에 대한 분산분석은 표2와 같다. 발아율은 조사기간 내내 품종, GA_3 침지기간중의 광질 또는 발아온도별 처리수준간에는 유의성이 있었던 반면, GA_3 농도, 즉 GA_3 처리를 가하지 않은 것(증류수에 3일간 침지)과 상기 시험에서 얻은 최적결과인 GA_3 0.01mM에 3일간 처리한 것, 즉 GA_3 처리 유무간에는 차이가 없는 것으로 분석되어 상기 시험의 암상태에서 처리된 GA_3 효과는 처리중 가하여지는 광처리에 의하여 그 효과가 소멸되는 경향을 보였다.

따라서 파종전 암상태에서 효과가 있는 것으로 나타난(표1) GA_3의 처리시 가하여지는 광질 처리로 인하여 처리효과가 없어지는 GA_3 처리 유무 (표2)를 제외한 품종, GA_3 浸漬中 광질과 발아온도별 처리수준에 따른 평균발아율은 표3과 같다. 발아율은 상기 암상태에서 수행된 시험결과와 같이 NC 82에 비하여 Burley 21에서 높았으며, 광질 처리는 치상 후 5일부터 赤色光에서 가장 높았고, 한편 암상태보다는 빛이

Table 2. Analysis of variance on daily percent germination of tobacco seed as affected by its cultivars, concentration and treatment period of GA3 and germination temperature

	Days after sowing								
Parameters	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cultivar	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Concentration	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Light quality	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Germination temp.	**	**	**	**	**	**	**	**	**

ns, **Nonsignificant, significant at 0.01 probability, respectively.

있는 상태, 즉 적색광과 백색광에서 높은 경향을 보였다. 발아온도에 따른 발아율도 晝夜 20℃ 항온에서 가장 높았고, 10℃ 항온에서 가장 낮았으며, 20/10℃ 변온에서는 20℃와 10℃ 항온의 중간정도인 것으로 나타났다.

담배 종자는 GA_3 처리에 의하여 광요구도가 소멸되며(Saha 등, 1990) 광처리전 3시간 이상 침지가 이루어져야 광처리 효과를 극대화할 수 있다는 연구결과(Min, 1990)와 더불어 3일간의 증류수 또는 GA_3 처리기간에 가하여지는 1일 12시간의 광질 처리로 GA3 처리효과가 소멸되나 적색광 처리로 담배의 발아율이 증가된다는 본 시험결과는 침지중 Phytochrome chromophore의 분리 또는 새로 합성되는 Pr이 광처리로 인하여 발아에 활성적인 Pfr로의 전환이 원활하게

Table 3. Daily percent germination of tobacco seed as affected by its cultivar, light quality before sowing and germination temperature[1]

Parameters	Days after sowing								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	% germination								
Cultivar (C)									
NC 82	0.0	2.4	8.3	18.3	31.2	44.0	53.3	62.9	72.6
Burley 21	1.2	11.4	23.3	37.6	51.5	63.9	71.3	77.1	82.0
LSD.05	0.4	2.5	3.4	3.6	3.9	3.7	3.6	3.3	2.9
Light quality (L)[2]									
Red	0.1	8.3	19.5	35.3	50.9	66.8	75.3	79.4	82.9
White	0.6	6.1	15.6	27.5	39.9	52.4	61.4	70.0	77.9
Dark	1.1	6.3	12.4	21.0	33.3	42.6	50.2	60.6	71.0
LSD.05	ns	ns	4.2	4.4	4.8	4.5	4.3	4.0	3.6
Germination temp. (℃; T)									
20/20	1.3	15.0	34.3	53.9	72.2	82.9	87.0	88.6	89.2
20/10	0.5	4.0	8.7	17.9	29.5	42.8	53.2	63.2	73.6
10/10	0.1	1.6	4.2	12.0	22.4	36.1	46.6	58.2	69.1
LSD.05	0.5	3.1	4.2	4.4	4.9	4.5	4.4	4.0	3.5
C × L	**	ns	ns	*	*	**	**	**	**
C × T	**	**	**	*	ns	*	**	**	*
L × T	*	*	**	**	ns	**	**	**	ns
C × L × T	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

[1]Germination test was done under 12 hours illumination with halogen lamp.
[2]Light quality was treated for 12 hours a day during GA3 imbibition.
ns, *, **Nonsignificant, significant at 0.05 and 0.01 probability, respectively.

일어난 결과라 할 수 있다(Bewley와 Black, 1982). 한편 GA_3 처리효과가 광질처리로 소멸되는 현상은 Pfr이 일정 비율 이상으로 증가하면 GA 합성을 유발하기 때문에(Mancinelli, 1994) 광처리로 유도되는 Pfr의 고비율이 종자의 GA 합성을 촉진함으로써 인위적으로 처리되는 GA_3 효과를 상쇄한 결과로 해석된다.

발아초기의 발아율에는 품종과 발아온도, 光質과 발아온도간에 상호작용이 있는 것으로 나타나 (표 3) 이들 요인별 처리수준에 따른 발아율 변화를 그림 2와 3으로 각각 표시하였다. 각 공시품종별 발아온도에 따른 발아율은 NC 82와 Burley 21 모두 유사한 반응을 보여 晝夜 20℃ 항온 처리는 상호 비슷한 발아반응을 보인 20/10℃ 변온과 10℃ 항온에 비하여 발아가 촉진·향상되는 경향을 보였다 (그림 2). 한편 증류수 또는 GA_3를 이용하여 침지중 가해지는 光質과 처리 후 주어지는 발아온도에 따른 발아율은 상대적으로 광질 처리간 차이가 적은 晝夜 20℃ 항온 이외에도 20/10℃ 변온과 10℃ 항온 모두 암상태에서 처리하는 것보다는 적색광, 비록 효과가 적다고 하나 백색광을 처리할 경우 증대되는 것으로 나타났다.

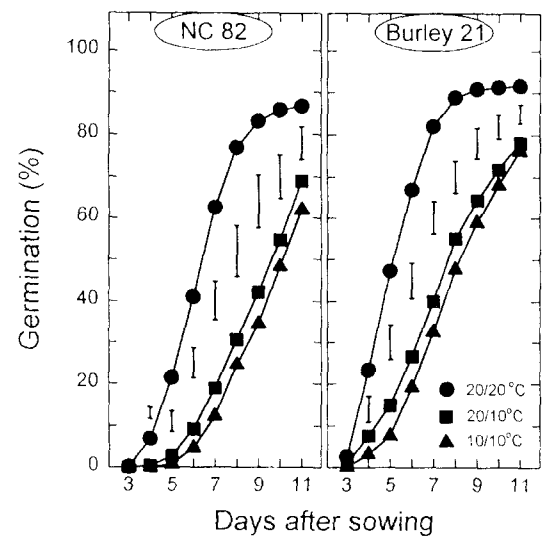

Fig. 2. Daily percent germination of tobacco seed as affected by its cultivar and germination temperature. Vertical or no- vertical bars represent LSD.05 or non-significance for the same day after sowing, respectively.

담배 종자의 발아는 품종간 차이가 있을 지라도 14~40℃에서 발아가 이루어지며 저온일수록 발아가 지연된다는 旣存 연구결과(Min, 1990; Mohapatra와

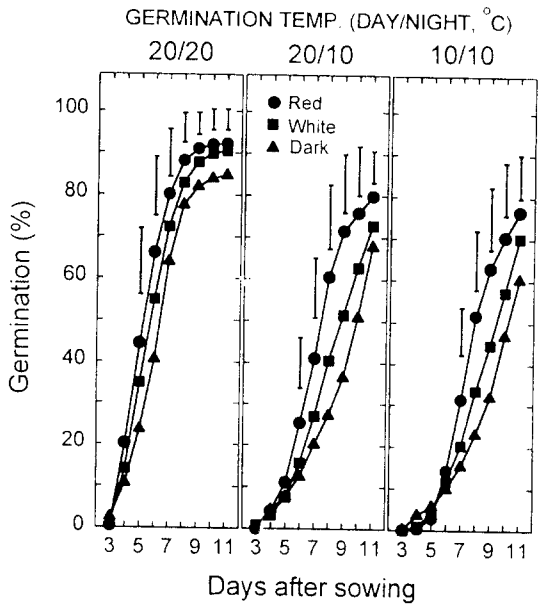

Fig. 3. Daily percent germination of tobacco seed as influenced by light quality given during GA_3 treatment and germination temperature. Vertical or no-vertical bars represent LSD.05 or non-significance for the same day after sowing, respectively.

Suggs, 1989)와 파종전 종자에 가하여지는 1일 12시간의 광, 즉 적색광 처리가 발아적온에서 뿐만 아니라 저온인 10℃ 항온에서도 발아를 어느 정도 높게 유지되는 본 시험결과로부터 일부 품종은 浸漬中 적색광 처리로 발아율과 耐환경성을 증대시킬 수 있을 것으로 예측된다. 따라서 우리 나라에서 가장 많이 재배하고 있고 상호 유사한 반응을 보인 NC 82와 Burley 21는 파종전 물 또는 GA_3를 이용하여 종자를 싹틔우기 하는 과정에서 광질 처리를 가하면 남부지방의 파종기인 1월 하순의 저온으로부터 초래되는 발아불량을 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 예측되기 때문에 종자에 광질 처리를 가한 후 일괄적으로 농가에 공급하는 방법도 현실성이 있다고 할 수 있다. 그러나 종자가 처리 후 건조과정을 거쳐야 재배농가에 보급될 수 있기 때문에 건조과정에서의 최적 조건설정과 실험실에서 도출된 이러한 결과가 포장출현, 나아가 효율적인 육묘로 이어질 것인가에 대하여는 추가 시험이 요망된다.

摘 要

현재 담배 종자는 한국인삼연초연구소에서 일괄적으로 농가에 보급하고 있어서 농가보급 전 발아율을 증진시키기 위한 다량 종자처리가 가능하다고 할 수 있다. 본 연구는 파종 전후 종자에 가하여지는 몇 가지 처리들이 담배의 발아율을 향상시킬 수 있는지를 구명함으로써 다량의 종자처리가 가능한가를 탐색하기 위하여 파종 전의 GA_3(농도와 침지기간)와 광질(적색광, 백색광, 암처리) 처리 및 발아중 광질, 1일 照射시간(0, 8, 12, 16)와 발아온도(20 및 10℃ 항온, 20/10℃ 변온)가 발아에 미치는 영향을 조사한 바 그 결과는 다음과 같다.

1. 발아과정중 가하여지는 광처리는 1일 8시간의 적색광을 제외하고는 광질별 1일 照射시간에 따른 발아율에는 차이가 없었으며, 적색광과 백색광 공히 1일 12시간 처리에서 발아율이 가장 높았다.
2. 암조건에서 GA_3를 처리하고 1일 12시간 照射하면서 발아를 수행한 결과 처리요인별 평균발아율은 NC 82보다는 Burley 21에서 높았고, GA_3 농도를 0.01mM까지, 침지기간을 3일까지 증가시킬수록 높아졌다.
3. 파종 전후에 가해지는 광질처리는 암상태에서 나타난 GA_3의 처리효과를 소멸시킨 반면, 광질과 발아온도가 발아율에 크게 영향을 미치는 것으로 분석되었다.
4. 발아율은 파종 전처리로서 GA_3 처리 유무보다는 GA_3 처리시 가해지는 광질에 따라 현저한 영향을 받아 적색광, 백색광, 암처리 순으로 감소하였다.
5. 발아율은 파종 전에 가하여지는 광질과 GA_3 처리에 관계없이 발아온도 20℃ 항온에서 높았던 반면, 10℃ 항온과 晝夜 20/10℃ 변온에서는 상호 비슷한 것으로 조사되었다.

引 用 文 獻

AOSA. 1981. Rules for testing seeds. In L.O. Copeland (ed.). J. Seed Tech. 6(2):1-125.

Bewley, J. D. and M. Black. 1982. The Release of Dormancy.

p. 126-193. In J.D. Bewley and M. Black (eds.). Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination. V. 2. Viability, Dormancy and Environmental Control. Springer-Verlag. New York, USA.

Bewley, J. D. and M. Black. 1994. Dormancy and the Control of Germination. p. 199-271. In J.D. Bewley and M. Black (eds.). Seeds: Physiology of Development and Germination (2nd ed.). Plenum Press, 233 Spring Street, New York, USA.

Frankland, B. and R. Taylorson. 1983. Light control of seed germination. p.428-456. In W. Shropshire, Jr. and H. Mohr (eds.). Photomorphogenesis. Encyclopedia of Plant Physiology New Series, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany.

ISTA. 1985. International rules for seed testing. International Seed Testing Association. Seed Sci. Tech. 13:299-355.

Kang, J.H., 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. 42:384-391.

Kang, J.H., J.S. Park and Y.G. Kim. 1997. Effect of GA3 and light quality on seed germination in three *Campanulan* plants. Korean J. Medicinal Crop Sci. 5(3):169-176.

Khalil, M.K. 1992. Nature of growth regulator effects on *Nicotina tabacum* seed germination. Angewandte Botanik 66:106-108.

Mancinelli, A.L. 1994. The physiology of phytochrome action. p. 211-269. In R.E. Kendrick and G.H.M. Kronenberg (eds.). Photomorphogenesis in Plants (2nd ed.). Kluwer Academic Pub., 101 Philip Drive, Norwell, MA 02061, USA.

Min, T.G. 1990. Effects of pre-sowing treatments of tobacco seed on germination and seedling uniformity. J. Agric. Sci., Taegu Univ. 4:55-67.

Mohapatra, S.C. and C.W. Suggs. 1989. Cultivar differences in tobacco seed response to germination temperature. Seed Sci. Tech. 17:639-647.

Saha, S., S.B. Modak and P.K. Basu. 1990. Seed germination behavior of two varieties of *Nicotiana* sp. in relation to growth substances. Environ. Ecology. 8:481-484.

Taiz, L., and E. Zeiger. 1991. Gibberellins. p. 433-441. In L. Taiz and E. Zeiger (eds.). Plant Physiology. Benjamin Cummings Pub., 390 Bridge Parkway, Redwood City, CA 94065, USA.