

Research Report

보관용기 및 저장조건에 따른 고추 및 배추종자의 10년간 발아율 추이

소은희¹, 이우문², 박기웅³, 최근진², 윤무경^{4*}¹국립종자원 종자검정연구센터²국립원예특작과학원 채소과³충남대학교 식물자원학과⁴국립종자원 품종보호과

Change of Germination Rate for Chili Pepper and Chinese Cabbage Seed in Relation to Packaging Materials and Storage Conditions over 10 Years

Eun Hee Soh^{1*}, Woo Moon Lee², Kee woong Park³, Keun jin Choi², and Moo Kyoung Yoon^{1*}¹Seed Testing Research Center, Korea Seed & Variety Service, Gimcheon 740-220, Korea²Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea³Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 365-764, Korea⁴Plant Variety Protection Division, Korea Seed & Variety Service, Gimcheon 740-220, Korea

Abstract: Seed viability is affected by storage conditions and rapid loss of viability in storage is the major cause for low germination. This study was carried out to examine the effect of packaging materials and storage temperature on seed germination rate over 10 years in two species (*Capsicum annuum* L. and *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) and determine effective storage conditions for maintaining seed viability. Seeds were packaged in aluminum poly pouches under vacuum, polyethylene bottles, and paper bags containing silica gel and stored under one of two controlled conditions (15°C, RH 40% or 5°C, RH 30%) or at ambient condition. Seed germination was recorded at 6-month intervals for 10 years. The seeds of both species showed no decline in viability until 6.5 years at 15 or 5°C, irrespective of packaging materials. However, under ambient conditions, the seeds of chili pepper and Chinese cabbage in paper bags lost viability after 4 and 5 years, respectively. By contrast, seeds of both species in vacuum-aluminum poly pouches exhibited a 99% germination rate after 6 years under ambient conditions. Pepper seeds in the vacuum-aluminum poly pouches maintained a 93% germination rate after 10 years in ambient conditions. These results indicated that a special seed storage facility for maintaining viability of chili pepper and Chinese cabbage seed might not be essential and seed testing would not be necessary for 10 years, if chili pepper and Chinese cabbage seeds were packed in ambient/vacuum-aluminum poly pouches or 5°C/vacuum-aluminum poly pouches.

Additional key words: *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*, *Capsicum annuum* L.

서 언

우리나라는 신품종보호법(2013)에 따라 품종보호등록품종의 종자를 품종보호권 존속기간(20년) 동안, 종자산업법(2013)에 따라 국가목록등록품종을 등재기간(10년) 및 생산 판매신고종자를 유통기간 동안 보관·관리하도록 되어 있다.

이러한 법에 따라 보관·관리하는 품종의 종자들은 종자분쟁 발생 시 DNA 검정 또는 대비시험을 위한 공시재료로 사용되므로 법적 보관 기간 동안 활력을 유지해야 한다. 품종보호로 등록된 품종은 2013년 12월 기준, 총 4,732품종이고 이 중 채소류가 760품종으로 약 16%를 차지한다. 채소류 중 가장 많이 품종보호등록된 작물은 고추로서 총 134품종

*Corresponding author: yoonmk@korea.kr

※ Received 22 May 2014; Revised 2 July 2014; Accepted 14 July 2014.

© 2014 Korean Society for Horticultural Science

이 등록되었고 그 다음으로는 배추가 총 95품종이 등록되었다(http://seed.go.kr). 품종보호 등록된 품종들을 20년간 활력을 유지하면서 보관하기 위해서는 종자 내 수분함량과 저장조건을 효율적으로 최적화 할 필요가 있다. 국제식물유전연구소(IPGRI)는 종자 저장 시 종자수명에 영향을 미치는 주요 요인이 종자 내 수분함량과 저장온도이므로 저장 시 종자의 수명을 늘리기 위해서는 종자 내 수분을 $5 \pm 2\%$ 로 건조시켜 장기저장고(-18°C)에서 저장해야 한다고 권고했다(FAO/IPGRI, 1994). 이러한 일반적 권고와 달리, 어떤 종에서는 초건조(2-3.7%) 종자를 초저온(-20°C) 조건에 저장했을 때 보다 20°C에 저장했을 때 종자활력이 더 높았고(Ellis et al., 1996; Hong et al., 2005), 배추과에서는 초건조된 종자의 경우 저장온도가 중요한 제한요인은 아니라고 하였다(Perez-Garcia et al., 2007). Crisostomo et al.(2011)은 종자 내 수분함량 및 저장온도 조건보다 오히려 저장 전 적절한 수분의 건조방법이 종자활력 유지에 더 중요하다고 했으며 Ellis et al.(1998)은 20°C, 상대습도 10-12%에서 종자 수분을 건조시킨 후 저장해야 종자수명을 늘릴 수 있다고 했다. 또한 종별로 장기저장 시 활력을 유지하기 위한 종자 내 수분함량은 저장온도 조건에 따라 달라져야 하며(Vertucci and Eric, 1993) 종자 내 수분함량뿐만 아니라 저장 시 저장온도에 따른 보관용기도 발아율에 영향을 미친다고 하였다(Hong et al., 2005; Yogeeshia et al., 2008). 이렇듯 종자수명을 최대로 유지하기 위해서는 종자 내 수분함량을 초건조(< 5%) 또는 건조(< 7%)시켜 장기저장고(-18°C)에 저장해야 하며 그러기 위해서는 시설과 비용이 필요하나 개인육종가, 종자업체 등은 이용하기 어려운 실정이다. 또한 국내에서는 아직 다양한 보관조건과 저장기간에 따른 종별 발아율에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 상업적으로 중요한 채소종자인 고추 및 배추종자를 초저온(-18~20°C)에 저장하지 않아도 활력을 유지하면서도 효율적으로 장기 저장할 수 있는 보관조건을 알기 위한 기초자료를 얻고

자 수행하였다.

재료 및 방법

종자시료

시험에 사용된 고추(*Capsicum annuum* L.) 및 배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) 종자시료들은 품종보호등록종자로서 국립종자원에서 보관 관리해 온 종자들이다. 보관 조건별로 저장하기 전 고추 및 배추종자의 수분함량은 각각 7.1% 및 5.1%였다.

보관용기 및 저장조건

고추 및 배추종자를 각각 1) 종이봉투, 2) 500mL 폴리에틸렌(PET) 병, 3) 진공 알루미늄 호일 봉투에 실리카겔과 함께 넣고 밀봉한 후 상온 및 제어환경(15°C, RH 40% 및 5°C, RH 30%) 등의 세 가지 조건하에 10년간 저장하였다.

발아검정

고추 및 배추 종자의 발아검정은 국제종자검정협회(ISTA, 2001)의 작물별 발아검정 규정에 따라 수행되었다(Table 1). 고추 및 배추종자를 90mm 페트리디쉬에 흡습된 두 장의 여과지(whatmann no.1) 위에 치상하였다. 고추종자의 생리적 휴면타파를 위해 물 대신 0.2% KNO₃ 5mL로 배지를 흡습시켰고 배추종자의 경우는 발아적온의 배양기에 놓기 전 7일간 예냉하였다. 발아검정은 작물별 100립 4반복으로 암상태에서 실시하였고 발아율(%) 결과는 정해진 발아 기간 내에 정상묘로 출현하는 묘의 백분율로 기록하였다(ISTA, 2003). 저장 조건별로 저장하기 전 발아율을 검정하였고 그 후 10년 동안 6개월마다 검정하여 발아율을 조사하였다. 발아율은 발아율의 감소(G₀-G₆₆)로서 저장조건별로 저장하기 전의 발아율(G₀)과 저장 6개월마다의 발아율(매 6개월 후, G₆₆)의

Table 1. Germination test method for chili pepper (*Capsicum annuum* L.) and Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) according to ISTA rules.

Species	Substrate	Temperature (°C)	First/Final count (day)	Pre treatment
Chili pepper	TP ^z	20 < = > 30 ^y	7/21	KNO ₃ ^x
Chinese cabbage	TP	20	5/7	Prechilling ^w

^zTop of paper, the seeds are germinated on top of one or more layers of paper.

^y20 < = > 30, alternating temperature regimes of 20°C for 16 hours and 30°C for 8 hours.

^xUse solution of 0.2% potassium nitrate instead of water.

^wPrechilling, seeds are usually kept at a temperature of 5-10°C for an initial period of up to 7 days.

차이로서 조사되었다.

통계분석

통계분석을 위해 발아율(%) 데이터를 Microsoft-excel을 이용하여 다음의 공식과 같이 아크사인 변환(Arcsine transformation, Khan et al., 2010)하였다.

$$\text{ASIN} (\% \text{ value}/100) \times (180/p)$$

그 변환된 데이터로 SAS 프로그램(SAS 9.1, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 5% 수준에서 분산분석하였다.

결과 및 고찰

저장조건별 고추 및 배추종자 발아율의 분산분석 결과

고추 및 배추종자의 3요인(저장기간, 저장온도 및 보관용기)에 따른 발아율 추이를 조사하여 분산분석한 결과, 고추

종자의 발아율은 저장온도와 보관용기 및 이의 상호작용에서도 유의성이 인정되었으나 저장기간과 그 밖의 다른 조건들과의 상호작용에서는 유의성이 인정되지 않았다. 배추종자의 발아율은 저장온도와 저장기간에 영향을 받았으나 이의 상호작용 및 그 밖의 조건들과의 상호작용은 인정되지 않았다(Table 2).

고추 및 배추종자의 발아율은 저장기간이 길어질수록, 보관조건이 상온 및 종이봉투일 경우 낮아지는 경향이었다. 고추종자는 저장 3년째에 발아율 88.4%, 6년째에 84.4% 및 10년째에 72.6%로 저장기간별 유의한 차이를 나타냈고 5°C와 15°C 온도조건 하에서는 발아율이 각각 96.6%, 96.2%로 서로 유의성이 없는 반면 상온조건에서 53.6%를 나타내어 상온조건과는 서로 유의한 차이를 나타냈다. 고추종자의 경우 보관 용기별로 진공 알루미늄 호일 봉투(96.5%) > PET 병(83.3%) > 종이봉투(65.7%) > 순으로 발아율이 높았고 보관 용기별로 서로 유의한 차이를 나타냈다(Table 3). 배추종자는 3년째에 97.4%, 6년째에 86.9%, 10년째에 58.0%로 저

Table 2. ANOVA for germination rate of temperature, packaging materials and storage durations of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) and Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) seeds.

Species	F-value						
	Temperature	Packaging materials (PM)	Storage durations (SD)	SD × Temp.	SD × PM	Temp. × PM	SD × Temp. × PM
Chili pepper	1809.94**	1656.06**	NS ^z	NS	NS	579.2**	NS
Chinese cabbage	969.7**	NS	1058.74**	NS	NS	NS	NS

**Significant at 5 and 1% level, respectively.

^zNon significant.

Table 3. Changes of seed germination rate % (degree value) of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) and Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) seeds stored under various storage conditions (temperature and packaging materials) and storage durations.

Species	Storage durations	Germination rate (%)	Temp.	Germination rate (%)	Packaging materials	Germination rate (%)
Chili pepper	3	88.4 a ^z (75.1) ^y	5°C	96.6 a (80.5)	Paper	65.7 c (55.4)
	6	84.4 b (70.8)	15°C	96.2 a (79.6)	Polythene bottle	83.3 b (68.8)
	10	72.6 c (58.5)	ambient	52.6 b (44.3)	Aluminum pouch	96.5 a (80.2)
	F (Pr > F)	569 (0.0001)	F (Pr > F)	5,319 (0.0001)	F (Pr > F)	1,993 (0.0001)
Chinese cabbage	3	97.4 a (83.5)	5°C	96.6 a (82.3)	Paper	70.6 c (59.3)
	6	86.9 b (74.5)	15°C	88.4 b (75.0)	Polythene bottle	82.8 b (69.9)
	10	58.0 c (47.5)	ambient	57.3 c (48.2)	Aluminum pouch	88.9 a (76.3)
	F (Pr > F)	1,759 (0.0001)	F (Pr > F)	1,819 (0.0001)	F (Pr > F)	364 (0.0001)

^zSymbols with the different letters in the same column denote a significantly at $p < 0.05$.

^yValues in brackets are first converted from % to Arc-sine transformed value, then LSD test was applied.

장기간별로 발아율에 유의한 차이를 나타냈고 상온, 15°C, 5°C 조건 하에서 각각 57.3%, 88.4%, 96.6%로 온도조건에서도 유의성을 나타냈다. 배추종자는 보관 용기별로 진공알루미늄호일 봉투(88.9%) > PET병(82.8%) > 종이봉투(70.6%) 순으로 발아율이 높았으며 서로 유의한 차이를 나타냈다 (Table 3).

고추종자의 보관 조건별 저장기간에 따른 발아율

고추종자의 저장 조건별 입고 전의 발아율은 100%였다. 고추종자는 5°C 및 15°C 저장 시 보관용기와 저장기간에

상관없이 10년이 경과하여도 발아율 91-99%를 나타냈고 이 두 온도조건 하에서는 보관 용기별로 발아율에 유의한 차이를 나타내지 않았다(Tables 3 and 4).

고추종자는 일반적으로 장기조건에 저장하지 않고 실온에 저장할 경우 종자의 수명이 1-2년인 단명종자로 분류되는 작물이나(Choi et al., 2001), 본 연구에서는 상온에 저장 하더라도 진공 알루미늄 호일 봉투에 보관할 경우 10년이 경과하여도 발아율 90% 이상을 나타냈다(Table 4). 이러한 결과는 단명종자(상추, 당근, 땅콩, 양파)를 0°C 이하의 온도에서 장기간 저장할 경우 알루미늄 호일 봉투 보관이 활력유지

Table 4. Germination rate of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) and Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) seeds stored under storage temperature and packaging materials for 3, 6 and 10 years.

Species	Storage temperature	Packaging materials	Storage period		
			3 years	6 years	10 years
Germination (% ± S.E.)					
Chili pepper	Ambient	Paper bag	16 ± 3.8 b ^z	0 ± 0.0 c	0 ± 0.0 b
		Polythene bottle	96 ± 1.0 a	74 ± 6.2 b	0 ± 0.0 b
		Aluminum pouch	97 ± 1.4 a	99 ± 0.6 a	93 ± 3.4 a
			**	**	**
	15°C	Paper bag	99 ± 1.3	96 ± 1.5	93 ± 1.7
		Polythene bottle	98 ± 1.4	99 ± 1.0	94 ± 2.9
		Aluminum pouch	97 ± 2.2	98 ± 1.0	94 ± 2.1
			NS	NS	NS
	5°C	Paper bag	98 ± 1.4	99 ± 0.5	91 ± 1.3
Polythene bottle		98 ± 1.3	99 ± 1.0	94 ± 2.6	
Aluminum pouch		98 ± 0.8	99 ± 1.0	95 ± 2.5	
		NS	NS	NS	
Chinese cabbage	Ambient	Paper bag	85 ± 4.3 b	0 ± 0.0	0 ± 0.0
		Polythene bottle	98 ± 1.7 a	89 ± 3.4	0 ± 0.0
		Aluminum pouch	99 ± 0.8 a	99 ± 0.8	46 ± 5.3
			**	**	**
	15°C	Paper bag	97 ± 1.8	98 ± 1.5	66 ± 6.6
		Polythene bottle	100 ± 0.0	99 ± 1.2	70 ± 5.1
		Aluminum pouch	100 ± 0.0	99 ± 2.0	68 ± 7.1
			NS	NS	NS
	5°C	Paper bag	99 ± 1.0	100 ± 0.6	90 ± 3.0
Polythene bottle		100 ± 0.5	99 ± 0.8	91 ± 3.8	
Aluminum pouch		99 ± 1.0	100 ± 0.6	93 ± 3.8	
		NS	NS	NS	

^zLSD 1% level among packing materials in the same storage duration.

NS,** Non significant, significant at 1% level.

에 도움이 된다는 결과와 유사하였고(Hong et al., 2005) 고추종자의 저장기간에 따른 발아율은 알루미늄호일 봉투 보관 시, 온도조건별(-20°C 및 20°C) 유의성을 나타내지 않았으며 저장기간(5년), 저장온도 및 종자 내 수분함량(5.0% 및 3.7%)과의 상호작용에 있어서도 유의성을 나타내지 않았다는 결과와 유사하였다(Demir and Ozcoban, 2007). 본 연구결과와 기존 연구결과를 비교해 볼 때 고추종자를 초건 조시키지 않아도 FAO/IPGRI(1994)의 일반적인 권고인 종자 내 수분함량을 $5 \pm 2\%$ 내외로 건조시켜 알루미늄호일 봉투에 보관하면 10년 이상 장기간 저장하여도 활력을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 고추종자는 5°C 및 15°C 온도 조건에서는 보관용기에 상관없이, 상온/진공 알루미늄 호일 봉투 보관조건에서 저장 6년까지 0~2%의 발아율 감소를 나타냈으며 저장 6년째 이후부터 점점 발아율이 감소되어 저장 10년째에는 -5~-9%의 발아율 감소를 보였고 근소한 차이지만 5°C/진공 알루미늄 호일 봉투에서 가장 낮은 발아율 감소를 나타냈다(Table 5). Roos and Davidson et al. (1992)은 고추종자를 진공 알루미늄 호일 봉투에 5°C, 27년

간 저장 시 발아율 감소는 -22%(98% → 76%)였고 예상 P50(발아율이 50%로 떨어지는 시기)은 저장 후 44년째라고 보고한 바 있다. Waters et al.(2005)에 의하면 -18°C에서 44년간 저장 시 발아율 감소는 -72%(90% → 18%)였고 예상 P50은 저장 후 29년째라고 하였다. 이러한 P50의 추정관련 연구결과로 볼 때 고추종자의 경우 종자 내 수분함량이 $5 \pm 2\%$ 일 경우 초저온(-18°C)보다는 저온에 보관하는 것이 활력유지를 위한 조건이라고 사료되었다. 또한 고추종자의 수명을 연장할 수 있는 효율적인 최적의 보관조건을 유지한다면 발아율 점검 모니터링 기간을 늦춰 발아검정을 위한 시료낭비를 줄일 수 있을 것이라 판단되었다. Van Treuren and Groot(2013)도 고추종자의 경우 고추 수분함량이 $5 \pm 2\%$ 내외이고 초저온/진공 알루미늄 호일 봉투 보관이라면 저장 25년까지 활력을 유지하므로 발아 모니터링 횟수를 단축시킬 수 있을 것으로 권고하였다.

고추종자는 상온/진공 알루미늄 호일 봉투 조건과 달리 상온/중이봉투 보관 시 저장 3년째에 발아율이 15%로 떨어졌고 보관 4년째에는 활력을 잃어 전혀 발아되지 않은 반면 PET

Table 5. G_0 - G_{ey} (initial germination-germination after every year for 10 storage) values of two different species (*Capsicum annuum* L. and *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) seeds hermetically stored at ambient, 15°C and 5°C.

Species	Storage temperature	Packing material	Storage duration (year)										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Chili pepper	Ambient	Paper bag	-2	-7	-84	-98	-96	-100	-100	-100	-100	-100	-100
		Polythene bottle	-2	-2	-4	-4	-9	-26	-40	-85	-100	-100	
		Aluminum pouch	0	-1	-3	-2	-2	-1	-2	-7	-7	-7	
	15°C	Paper bag	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-5	-8	-8	-7	
		Polythene bottle	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-6	-9	-4	-6	
		Aluminum pouch	0	-1	-2	-2	-2	-2	-8	-6	-8	-6	
	5°C	Paper bag	-2	-2	-2	-2	-1	-1	-7	-7	-10	-9	
		Polythene bottle	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-3	-7	-9	-6	
		Aluminum pouch	-1	-2	-2	-2	-1	0	-5	-1	-2	-5	
Chinese cabbage	Ambient	Paper bag	-1	-2	-15	-74	-76	-100	-100	-100	-100	-100	
		Polythene bottle	-1	-1	-2	-2	-13	-11	-100	-100	-100	-100	
		Aluminum pouch	0	-0	-1	-3	-1	-1	-32	-31	-42	-54	
	15°C	Paper bag	-1	-1	-3	0	-1	-2	-12	-22	-20	-34	
		Polythene bottle	-1	0	0	-1	-1	-1	-12	-23	-27	-30	
		Aluminum pouch	-1	0	0	0	-1	-1	-9	-12	-10	-32	
	5°C	Paper bag	-0	0	-1	-1	0	0	-11	-9	-11	-10	
		Polythene bottle	-1	0	0	-1	0	-1	-9	-3	-6	-9	
		Aluminum pouch	0	0	0	-1	0	0	-7	-2	-4	-7	

병 보관조건에서는 보관 5.5년까지 발아율 90% 이상을 나타냈으나 6년째부터는 서서히 활력을 잃어 발아율 70%, 7.5년째에 50%를 나타냈으며 9년째에는 완전히 활력을 잃었다(Table 4). 고추종자의 최대 발아율 감소는 상온/종이봉투 조건 시 저장 3년째로서 -7%에서 -84%의 발아율 감소를 나타냈다(Table 5). 종자의 수명을 좌우하는 중요한 외적 요인은 온도 및 상대습도인데 상온/종이봉투조건에 보관된 종자는 PET 병이나 진공 알루미늄 호일 봉투와 달리 외부의 온도 및 상대습도에 완전히 차단되어 있지 않으므로 실온의 상대습도가 높으면 수분평형을 위해 종자의 수분함량이 증가할 것이며 이로 인해 종자의 가수분해효소 및 호흡작용의 증가로 유리지방산 함량이 증가하여 결국 퇴화를 촉진했을 것으로 판단된다. Hong et al.(2005)은 초저온(-20°C)/알루미늄호일 봉투에 초건조(2.0-3.7%) 또는 건조(5.5-6.8%)종자 보관 시 저장고의 상대습도에 따라 종자의 수분함량에 변화가 없었으나 상온(20°C)/진공 알루미늄 호일 봉투 조건에서는 상대습도가 높아짐에 따라 종자 내 수분함량도 증가하였지만 이 두 보관조건과 발아율과는 유의성이 없다고 하였다.

고추종자는 5°C 및 15°C 온도조건하에서는 보관용기에 상관없이 보관기간 10년이 경과하여도 평균 발아율 95%로 활력을 유지함을 보였으나 상온조건하에서는 진공 알루미늄호일 봉투에 보관하였을 경우에만 입고전과 유사한 발아율을 나타내어 상온조건에서는 보관용기가 제한적 요소임을 나타냈다. 따라서 고추종자를 저온보관할 수 있는 환경이 되지 않는다면 상온에서 진공 알루미늄 봉투에 보관하는 것이 활력을 유지시키는 대안책이 될 수 있을 것이다. 또한 5°C, 15°C 저장온도 및 상온/진공 알루미늄 호일 봉투 조건하에서는 고추종자의 발아율검정을 위한 첫번째 모니터링을 저장 10년째 실시하여 검정시료의 낭비를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

배추종자의 보관 조건별 저장기간에 따른 발아율

배추종자의 저장 조건별 입고 전의 발아율은 100%였다. 배추종자는 저장 6년까지 5°C 및 15°C 조건에서는 보관용기에 상관없이 입고 전 발아율과 유사한 97%-100%의 발아율을 보였고 저장 7년째부터 온도조건에 따라 발아율 감소를 보였다(Tables 4 and 5). 5°C 조건 하에서는 저장 7년째에 평균 -10%의 발아율 감소를 보였고 이후 10년째까지 이 수준을 유지하였으며 진공 알루미늄 호일 봉투(93%) > PET 병(91%) > 종이봉투(90%) 순으로 발아율이 높았으나 유의성이 없었다($p > 0.05$). 15°C 조건 하에서의 발아율 감소는

저장 7년째에 보관용기에 상관없이 -10%를 나타냈고 8-9년째는 종이봉투와 PET병에서는 -20%대로 떨어졌으며 진공 알루미늄 봉투에서는 9년까지 -10%의 감소를 유지했으나 10년째에는 보관용기에 상관없이 -30% 감소함으로써 저장기간별로 보관용기 조건이 발아율에 영향을 미치지 않았다(Table 5). 반면 상온에서는 보관용기조건에 따라 발아율에 유의한 차이를 나타냈다. 상온/종이봉투 조건하에서 저장 3년째까지 평균 85% 이상의 발아율을 나타냈으나 저장 3.5년째에는 -50%의 감소를 나타냈고 저장 5년째에는 -76%까지 발아율이 감소되었으며 저장 6년째에 활력을 잃었다. 최대 발아율 감소는 저장 7년째로서 -11%에서 -100%의 발아율 감소를 나타냈다. 상온/PET병 보관조건에서는 저장 6년째까지 90%의 발아율을 나타냈으나 6.5년째에는 완전히 활력을 잃었고 상온/진공 알루미늄 호일 봉투 조건하에서는 저장 6년째까지 발아율 97-100%의 발아율을 보였다. 이후 7년째에 -30%, 10년째에는 -54%의 발아율 감소를 나타냈다(Table 5).

배추종자의 저장기간별 보관조건에 따른 종자수명에 대한 연구결과를 살펴보면, 배추종자를 초건조(1-5%)하여 상온, 4°C, 20°C 및 -20°C 등의 온도조건에 3년간 저장할 경우 발아율에 차이가 없었으며 오히려 상온조건이 초저온(-20°C 또는 -196°C)에 비해 노화가 느리게 진행되었다고 보고하였고(Zheng et al., 1998) 몇 가지 *Crucifer* 종에 있어서 장기저장조건(-10°C, 종자 수분함량 3%)이나 단기저장조건(5°C, 종자 수분함량 8%)에서 저장 9년까지는 발아율 차이가 없었으나 22년째에 장기저장조건의 종자들은 활력을 유지(발아율 -30% 감소)한 반면 단기저장조건에서는 활력을 잃었다고 보고하였다(Ramiro et al., 1995).

본 연구와 타 논문들의 연구결과를 검토한 결과 5°C/진공 알루미늄호일 봉투 조건을 제외한 다른 조건들에서 저장기간별로 발아율이 급격히 감소한 이유는 배추종자의 수분함량이 초건조 종자가 아니었기 때문으로 사료되며 배추종자를 상온이나 단기저장조건(5°C)에 저장하기 위해서는 배추종자 내 수분함량이 제한적 요소인 것으로 사료되었다.

Perez-garcia et al.(2007)은 진정종자를 장기간 보존하기 위한 가장 중요한 요인은 낮은 저장온도보다 종자의 낮은 수분함량이며 상온에서 증장기 동안 저장 시에는 종자를 초건조하여 저장하는 것이 효율적인 방법이며 십자화과(Brassicaceae) 종의 경우 종자 내 수분함량을 초건조(0.3-3%)한 후 실리카겔과 함께 vial에 넣고 밀폐하여 저온(-5°C and -10°C)에 보관하면 저장 40년까지 90%의 높은 발아율을 유지할 수 있다고 보고하였다. 특히 종자 내 수분함량을 초건조시켜 실

리카겔과 함께 vial에 넣고 밀봉한다면 상온조건에서도 동일한 발아율을 나타낸다고 한다. 따라서 향후 배추종자를 장기간 저장 시 종자활력 유지를 위한 종자 내 수분함량을 어느 정도로 건조해야 할 지 또한 초건조하여 저장 시 보관 조건별로 발아율에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하고 적어도 배추과 작물에 있어서는 종자보관 시 실리카겔과 함께 보관하면 활력유지에 매우 효과적일 것으로 사료되었다.

본 연구에서는 배추종자의 수분함량이 5% 내외일 경우, 5°C 및 15°C 온도조건하에서는 보관용기에 상관없이, 상온 조건하에서는 진공 알루미늄 호일 봉투 보관 시에만 저장기간 6년이 경과하여도 평균 발아율 99%로 입고전의 활력을 유지함을 나타내어 상온조건에서는 보관용기 및 온도가 제한적 요소임을 나타냈다. 따라서 배추종자의 활력을 10년 이상 유지하면서 보관하기 위해서는 진공 알루미늄 호일 봉투에 넣어 냉장온도(5°C-10°C)에 보관한다면 가능할 것으로 사료된다.

초 록

종자 저장 시 보관조건은 종자의 활력유지에 중요한 영향을 미치며, 급격한 종자활력의 저하는 발아율저하의 중요 요인이 된다. 본 연구의 목적은 주요 채소작물 중 고추(*Capsicum annuum* L.) 및 배추(*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) 종자의 저장조건(저장온도 및 보관용기)에 따른 10년 동안의 발아율추이를 조사 분석함으로써 저장기간에 따른 두 종자의 활력유지를 위한 효율적 저장조건을 규명하고자 하였다. 고추 및 배추종자를 각각 진공 알루미늄 호일 봉투, 폴리에틸렌(PET)병 및 종이봉투에 실리카겔과 함께 밀봉하여 상온, 15°C 및 5°C 등 세 가지 온도조건 하에서 10년간 보관하면서 6개월마다 발아율검정을 수행하였다. 고추 및 배추종자는 15°C 및 5°C에서는 보관용기에 상관없이 6.5년까지 저장하기 전의 활력을 그대로 유지하였으나 상온/종이봉투 조건하에서는 각각 4년째 및 5년째에 활력을 잃었다. 상온조건일지라도 진공 알루미늄 봉투에 보관 시 저장 6년까지 보관전의 활력을 유지하였고 특히 고추종자의 경우 저장기간 10년이 경과하여도 90% 이상의 발아율을 나타냈다. 본 연구결과에 의하면 종자저장시설(장기 및 중기)이 없더라도 고추종자의 경우 상온/진공 알루미늄 봉투, 배추종자의 경우 5°C/진공 알루미늄 호일 봉투에 보관한다면 10년 이상 90% 이상의 발아율을 유지할 수 있을 것으로 사료되며 특

히 활력유지 점검을 위한 모니터링 기간을 늦춰 발아검정을 위한 시료낭비를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

추가 주요어 : *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*, *Capsicum annuum* L.

인용문헌

- Choi, B.H., B.H. Hong, K.H. Kang, J.K. Kim, S.H. Kim, and T.G. Min. 2001. Seed science. Hyangmoon publishing, Seoul, Korea.
- Crisostomo, S., F.R. Hay, R. Reano, and T. Borromeo. 2011. Are the standard conditions for genebank drying optimal for rice seed quality? *Seed Sci. Technol.* 39:666-672.
- Ellis, R.H. 1998. Longevity of seeds stored hermetically at low moisture contents. *Seed Sci. Res.* 8(Suppl. 1):9-10.
- Ellis, R.H., T.D. Hong, D. Astley, A.E. Pinnegar, and H.L. Kraak. 1996. Survival of dry and ultra-dry seeds of carrot, groundnut, lettuce, oilseed rape and onion during five years' hermetic storage at two temperatures. *Seed Sci. Technol.* 24:347-358.
- Demir, I. and M. Ozcoban. 2007. Dry and ultra-dry storage of pepper, aubergine, winter squash, summer squash, bean, cowpea, okra, onion, leek, cabbage, radish, lettuce and melon seeds at -20°C and 20°C over five years. *Seed Sci. Technol.* 35:165-175.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Plant Genetic Resources Institute (FAO/IPGRI). 1994. Genebank standards. FAO/IPGRI, Rome.
- Hong, T.D., R.H. Ellis, D. Astley, A.E. Pinnegar, S.P.C. Groot, and H.L. Kraak. 2005. Survival and vigour of ultra-dry seeds after ten years hermetic storage. *Seed Sci. Technol.* 33:449-460.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2001. International rules for testing. ISTA, Switzerland.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2003. ISTA handbook on seedling evaluation. ISTA, Switzerland.
- Khan, F.R., K. UR-Rahman, N.K. Abbasi, M. Ibrahim, and G. Abbas. 2010. In vitro shoot and root proliferation of jack fruit as affected by different concentrations of growth regulators. *Sarhad J. Agric.* 26:533-538.
- Perez-Garcia, F., M.E. Gonzalez-Benito, and C. Gomez-Campo. 2007. High viability recorded in ultra-dry seeds of 37 species of Brassicaceae after almost 40 years of storage. *Seed Sci. Technol.* 35:143-153.
- Ramiro, M.C., F. Perez-garcia, and I. Aguinagalde. 1995. Effect of different seed storage conditions on germination and isozyme activity in some *Brassica* species. *Ann. Bot.* 75:579-585.

- Roos, E.E. and D.A. Davidson. 1992. Record longevities of vegetable seeds in storage. *HortScience* 17:393-396.
- Walters, C., L.M. Wheeler, and J.M. Grotenhuls. 2005. Longevity of seeds stored in a genebank: Species characteristics. *Seed Sci. Res.* 15:1-20.
- Van Treuren, R. and E.C. de Groot. 2013. Preservation of seed viability during 25 years of storage under standard genebank conditions. *Genet. Resour. Crop Evol.* 60:1407-1421.
- Vertucci, C.W. and E.E. Roos. 1993. Theoretical basis of protocols for seed storage II. The influence of temperature on optimal moisture levels. *Seed Sci. Res.* 3:201-213.
- Yogeasha, H.S., K. Bhanuprakash, and L.B. Naik. 2008. Seed storability in three varieties of papaya in relation to seed moisture, packaging material and storage temperature. *Seed Sci. Technol.* 36:721-729.
- Zheng, G.H, X.M. Jing, and K.L. Tao. 1998. Ultradry seed storage cuts cost of gene bank. *Nature* 393:223-224.