

저장조건이 잡초종자의 휴면타파와 이차휴면 유도에 미치는 효과

김진석 · 황인택 · 조광연*

Effect of Storage Conditions on the Dormancy Release and the Induction of Secondary Dormancy in Weed Seeds

Kim, J.S., I.T. Hwang, K.Y. Cho*

ABSTRACT

It is assumed to be an efficient method for keeping a germinability of weed seeds as long as possible, if a secondary dormancy is not induced by transferring the seeds of which dormancy was broken in wetting condition into drying condition. To investigate its validity, two experiments were carried out on seeds of 9 weed species ; to find out the most effective storage condition in breaking the dormancy of each weed species and to know whether there is a decrease in the germinability by transferring into drying storage condition.

The dormancy of *Chenopodium album* and *Stellaria aquatica* was released well under the drying condition, but that of *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola* by soaking in water. Other weed species were released from dormancy by storage in wetting condition.

When the seeds stored in the wetting or soaking condition, are air-dried and then restored at room or low temperature, a decreasing tendency of germinability which might cause a trouble in using them practically, was not observed except on the seeds of *Persicaria vulgaris*. In the case of *Persicaria vulgaris*, the low germination since 3 month-storage seemed not to be caused by drying, because a decrease of its germinability was observed with increasing storage period in all of the storage conditions. In contrast, high germination was induced as the seeds of *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola*, which were not germinated during the storage in low temperature and wetting condition, were transferred into the room temperature and drying condition.

These results suggest that this approach can be one of the efficient methods for keeping a good germinability as long as possible in most weed seeds.

Key words : weed germination, storage condition, dormancy, *Alopecurus aequalis* var. *amuriensis*, *Chenopodium album*, *Cyperus difformis*, *Eragrostis ferruginea*, *Pennisetum alopecyroides*, *Persicaria vulgaris*, *Stellaria alsine* var. *undulata*, *Stellaria aquatica*, *Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola*

* 한국화학연구소(KRICT, P.O. Box 107, Yusung, Daejeon 305-606, Korea)

<1996. 6. 18 접수>

서 언

대부분의 잡초들은 자연조건에 적응하기 위한 생존수단으로서 휴면이라는 특성을 가지고 있기 때문에 휴면이 타파되기까지는 발아하지 않는다^{2,3,6,15}. 따라서 잡초를 실험재료로 사용하고자 할 경우에는 이들 종자가 양호한 발아력을 갖도록 하는 것이 우선적으로 필요하며, 특히 화합물의 제조활성을 연중 스크리닝하기 위한 실험에서는 그 중요도가 더욱 높다 하겠다. 즉 식물 종 및 생태형간에 복잡 다양하게 존재하는 종자휴면을 우선적으로 타파한 후, 양호한 발아력이 장기간동안 유지되도록 하면서 취급하기 용이한 상태로 보관하여야 할 것이다.

전보¹⁾에서는 채종직후 종자를 건조시켜 저온에 저장한 다음 필요시 꺼내어 물리·화학적 방법으로 휴면을 타파시키는 방법^{3,8,10,12,15}을 검토하였다. 채종직후 종자를 건조시켜 저온에 저장하는 방법은 종자의 활력을 장기간 유지시키기 위해서는 좋을지 모르나, 대부분 휴면이 깊어져서 발아유기 불가능기간이 비교적 길게 유지된다는 점과 발아유기를 위해서는 필요할 때마다 반복적으로 수행하여야 한다는 번거로움이 있었다.

이와는 다른 전략으로서 채종한 종자의 휴면을 경제적인 방법으로 빨리 타파시키되 만일 습윤조건에서 휴면타파가 양호할 경우에는 취급

하기 용이하며 활력감퇴가 보다 낮은 저온건조 상태로 옮겨 저장하는 것이다. 이렇게 하였을 때 실용상 문제가 될 정도의 이차휴면이 유기되지 않고 양호한 발아력이 지속적으로 유지된다면 종자를 이용하는 여러 가지 실험의 수행에 있어서 보다 간편할 것이다. 따라서 본 연구에서는 봄 또는 가을에 결실하는 일년생 잡초 종자 9가지에 대하여 보다 효율적인 실험용 종자의 관리기술을 확립하고자 위 전략의 타당성 여부를 응용적인 측면에서 검토하여 보았다.

재료 및 방법

1. 잡초종자

5월부터 9월 사이에 대전광역시 근교에서 수집한 흰명아주, 봄여뀌, 쇠별꽃, 뚝새풀, 벼룩나물, 그렁, 수크령, 알방동사니, 강피 등의 종자를 각각 정선한 다음 실험재료로 사용하였다(표 1). 잡초명은 “한국의 발잡초” 도감에 준하였다¹⁴⁾.

2. 저장조건이 잡초종자의 휴면타파에 미치는 영향

상기 종자를 표 1에 나타낸 시기에 온도와 수분을 다르게 하여 저온건조, 실온건조, 저온습윤, 저온담수, 고온건조 등으로 저장하였다. 저온은 $4 \pm 1^\circ\text{C}$, 실온은 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 고온은 $40 \pm 1^\circ\text{C}$, 건조는 풍건상태, 습윤은 물에 적신 여과지

Table 1. Weed seeds used for this experiment.

Scientific name	English name	Korean name	Collection	Beginning of storage
<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>amuriensis</i>	Waterfoxtail	뚝새풀	26, May	9, Jun
<i>Chenopodium album</i>	Common lambsquarters	흰명아주	27, Jun	18, Jul
<i>Cyperus difformis</i>	Samllflower umbrellaplant	알방동사니	15, Aug	8, Oct
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>oryzicola</i>	Barnyardgrass	강피	22, Sep	22, Oct
<i>Eragrostis ferruginea</i>	-	그렁	6, Sep	12, Nov
<i>Persicaria vulgaris</i>	Ladysthumb	봄여뀌	1, Jul	23, Jul
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	Chinese pennisetum	수크령	6, Sep	12, Nov
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>	Bog stitchwort	벼룩나물	26, May	9, Jun
<i>Stellaria aquatica</i>	Giant chickweed	쇠별꽃	21, Jun	23, Jul

와 잡초종자를 교호로 층적한 상태, 담수는 물에 종자를 침지한 것을 의미한다. 이와 같이 저장된 종자를 저장 후 1개월마다 항온(25℃ 또는 30℃), 변온(14시간 낮, 25℃/10시간 밤, 15℃)조건에서 발아실험을 실시하였으며, 유근이 돌출된 것을 발아된 것으로 간주하여 치상후 10일째의 발아율을 조사하였다.

3. 저장조건 변환에 따른 이차휴면

저온 또는 실온습윤조건에 각각 3개월 동안 보관한 흰명아주, 봄여뀌, 딱새풀, 벼룩나물 종자, 2.5개월 동안 저온습윤에 저장한 암크령 및 수크령 종자, 5개월 동안 저온습윤에 저장한 알방동사니 종자, 저온습윤 또는 저온담수에 4개월 동안 저장한 강피 종자를 1일 동안 실내에서 음건시킨 후 각각 저온건조와 실온건조 상태에 재저장한 후 시기별로 발아율 변화를 조

사하였다. 저장변환직전의 발아력은 표 2와 3에 표시하였다. 기타 발아실험 조건은 저장조건별 휴면타파 실험에서와 동일하였다. 본 실험에서의 이차휴면 돌입여부는 종자의 발아율로 판단하였으며 저장조건을 변환하였을 때 변환직전의 발아력보다 현저히 발아율이 낮아졌거나, 휴면타파에 효과적이었던 동일기간의 습윤저장시보다 발아율이 떨어졌을 경우에 이차휴면이 유기된 것으로 간주하였다.

결과 및 고찰

1. 저장조건이 잡초종자의 휴면타파에 미치는 영향

야외에서 채종한 9가지 잡초종자의 휴면타파에 미치는 저장조건의 영향을 조사한 결과는 표 2, 3에서와 같다.

Table 2. Effect of various storage conditions on the dormancy release of several winter annual weed seeds.

Weed species	Germination temperature	Storage period (Mon.)	Storage conditions			
			L.D.	R.D.	L.W.	R.W.
<i>Chenopodium album</i>	CT	1	4.0±1.2	0	2.7±1.3	0
		2	3.3±1.3	0.7±0.7	2.7±1.8	0
		3	12.6±1.7	0	6.0±3.1	0.7±0.7
		4	0.7±0.7	0	4.7±2.4	0
	AT	1	71.3±2.4	0	56.7±2.8	0
		2	54.0±2.3	0	38.0±8.7	0
		3	54.7±2.4	0	60.7±5.5	0
		4	87.3±0.7	0	61.3±5.5	0
<i>Persicaria vulgaris</i>	CT	1	0	0	3.3±1.8	0
		2	0	0	45.3±7.1	0
		3	0	0	50.0±3.1	0
		4	0.7±0.7	0	3.3±0.7	1.3±1.3
	AT	1	2.0±1.2	1.3±1.3	22.7±2.7	10.0±3.5
		2	0	5.3±2.9	66.7±4.8	13.3±1.8
		3	2.0±1.2	5.3±3.3	70.7±4.7	26.7±1.3
		4	2.0±1.2	6.7±1.8	35.3±3.7	28.7±1.8
<i>Stellaria aquatica</i>	CT	1	0	0	0	0
		2	0	0	0	0
		3	0	0	2.7±1.8	0
		4	0.7±0.7	0	1.3±1.3	0
	AT	1	8.0±3.1	72.7±5.3	0.7±0.7	0
		2	10.0±3.1	66.7±3.5	2.0±1.2	0
		3	12.0±3.1	44.7±5.7	3.3±0.7	0
		4	17.3±4.7	56.0±0.5	0.7±0.7	0

Table 2. Continued

Weed species	Germination temperature	Storage period (Mon.)	Storage conditions			
			L.D.	R.D.	L.W.	R.W.
<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>amuriensis</i>	CT	1	0	0	11.0±7.0	0
		2	0	1.3±1.3	36.0±3.1	0
		3	0	2.0±1.2	29.3±7.0	0
		4	0	4.7±2.4	13.3±1.3	16.0±3.1
		5	0	8.7±1.8	ND	85.3±4.4
	AT	1	0	0	3.0±2.7	1.0±1.0
		2	4.7±0.7	56.7±4.4	46.0±4.8	96.7±2.4
		3	3.3±0.7	70.7±4.8	28.0±4.7	98.7±0.7
		4	3.3±0.7	58.0±4.5	29.3±3.7	98.0±0.2
		5	6.0±2.3	66.7±5.2	ND	100
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>	CT	1	0	0	2.0±0.2	0
		2	0	0	39.3±3.5	0.6±0.6
		3	0	0	48.0±8.1	4.0±2.0
		4	0	0	32.0±2.0	ND
		5	0	0	37.3±4.4	ND
	AT	1	0	19.0±7.0	13.0±3.0	51.0±0.5
		2	0.3±0.3	10.7±0.7	64.7±4.4	90.7±2.9
		3	1.3±0.7	0	78.0±1.2	92.7±2.9
		4	0	0	52.0±2.0	ND
		5	0	0	56.7±7.5	ND

Germination rate(%) was determined after incubation for 10 days. Data represent the means of 3 replicates ± SE.

CT, constant temperature (25°C); AT, alternate temperature (25°C, 14h/15°C, 10h); L, low temperature (4 ± 1°C); R, room temperature (25 ± 1°C); D, drying condition; W, wetting condition; ND, not determined due to the decay of seed during storage.

흰명아주(*Chenopodium album*)의 경우 채종한 종자를 실온조건에 저장하면 4개월 동안 전혀 발아하지 않았지만 저온건조 조건에 두면 저장 후 1개월부터 50% 이상 발아력을 보이는 경향이였다. 또한 저온습윤상태에서도 저장 10개월 후부터 4개월까지는 50-60% 정도의 발아율을 나타내었다(표 2). 전반적으로 항온조건에서 발아실험을 하였을 때에는 15% 미만의 낮은 발아율을 나타내었으나 변온조건에서는 현저하게 증가된 발아율을 보였다. 이로 보아 명아주 종자의 휴면타파에는 저온처리가 효과적이며 종자의 발아에는 항온보다는 변온조건이 더욱 양호한 것으로 생각되었다. 본 실험결과에서 저온습윤에 저장한 종자의 발아율이 저온건조에 저장한 종자의 발아율보다 낮았던 것은 습윤조건으로 저장했을 때 종자내의 저장물질이 용출되어 상대적으로 활력이 감퇴되었기 때문으로 추

정된다^{3,6,10}.

봄여뀌(*Persicaria vulgaris*) 종자의 경우 항온조건에서의 발아실험에서는 저온습윤조건의 저장에서만 저장 2, 3개월째 각각 45, 50%의 발아율을 보였으며, 기타 저장조건에서는 전혀 발아되지 않았다. 변온조건에서 발아시킬 경우에는 항온에서보다 전반적으로 증가된 발아율을 보였는바 그 중 저온습윤조건 저장에서 70% 정도의 가장 양호한 발아율을 나타내었으며 실온습윤에 저장했던 종자도 25-30% 정도 발아되었다(표 2). 이로 보아 건조보다는 습윤, 실온보다는 저온저장에서 휴면타파가 빠르며 대략 2-3개월간 저장하면 충분할 것으로 여겨졌다. 그러나 저온습윤조건에 4개월 이상 저장한 경우에는 오히려 발아율이 떨어지는 경향을 보였는데 이는 습윤조건에 의한 활력감퇴타기보다는 휴면의 계절성과 관련이 있을 것으로 추정된다.

Table 3. Effect of various storage conditions on the dormancy release of several summer annual weed seeds.

Weed species	Germination temperature	Storage period (Mon.)	Storage conditions			
			L.D.	R.D.	L.W.	R.W.
<i>Eragrostis ferruginea</i>	CT	1	0	9.3 ± 5.2	97.3 ± 0.7	0
		2	1.3 ± 1.3	18.0 ± 1.2	100	ND
		3	2.0 ± 1.2	46.7 ± 1.8	100	ND
		4	0	48.0 ± 2.0	100	ND
		5	0	45.3 ± 0.7	100	ND
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	CT	1	8.7 ± 1.3	26.7 ± 4.8	64.0 ± 2.3	8.0 ± 1.2
		2	35.3 ± 0.7	72.7 ± 6.4	60.7 ± 4.8	21.3 ± 2.9
		3	24.6 ± 2.9	82.0 ± 2.3	92.7 ± 1.8	ND
		4	40.0 ± 2.3	100	88.7 ± 4.7	ND
		5	48.7 ± 0.7	100	100	ND
<i>Cyperus difformis</i>	CT	1	5.3 ± 2.5	35.3 ± 6.0	67.0 ± 4.9	79.5 ± 7.1
		2	4.3 ± 0.7	72.7 ± 6.4	60.7 ± 4.8	67.0 ± 2.9
		3	56.0 ± 5.3	72.7 ± 1.3	92.7 ± 1.8	63.3 ± 6.4
		4	67.7 ± 1.7	84.7 ± 2.9	88.7 ± 4.7	37.3 ± 7.5
		5	66.0 ± 2.0	98.7 ± 0.7	100	ND
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>oryzicola</i>	CT		L.D.	H.D.	L.W.	L.S.
		1	0	0.7 ± 0.7	2.7 ± 1.8	0.7 ± 0.7
		2	0	0	0	33.3 ± 1.8
		3	0	0	4.0 ± 2.0	86.0 ± 2.0
		4	0	0	9.3 ± 1.3	78.7 ± 1.8
		5	0	0	8.7 ± 1.3	90.7 ± 3.7
		6	0	0	7.3 ± 1.8	94.7 ± 0.7
7	0	0	11.3 ± 1.8	97.3 ± 0.7		

Germination rate(%) was determined after incubation for 10 days. Data represent the means of 3 replicates ± SE.

CT, constant temperature (30 ± 1°C); L, low temperature (4 ± 1°C); R, room temperature (25 ± 1°C); H, high temperature (40 ± 1°C); D, drying condition; W, wetting condition; S, soaking condition; ND, not determined due to the decay of seed during storage.

왜냐하면 후술한 바와 같이 휴면타파된 종자를 활력감퇴가 완만하다고 여겨지는 건조상태로 재저장해도 동일하게 발아율 감소현상이 보였기 때문이다(표 4). 한편 동일한 습윤처리에서도 실온보다는 저온조건 저장에서 발아율이 높았던 것으로 보아 저온처리는 농황산 처리로 단순히 종피를 연화시켜 발아를 유기시켰던 물리적 효과¹⁾와 유사한 효과를 가짐과 동시에 배(embryo)에 생리적인 어떠한 영향도 미치는 것으로 판단된다.

쇠별꽃(*Stellaria aquatica*) 종자의 경우 휴면타파를 위해서는 저온보다는 실온, 습윤보다는 건조조건이 상대적으로 효과적이었다. 이들 중 가장 효과적이었던 것은 실온건조저장이었으며 저

장 1개월 후 73%의 발아율을 나타내었다. 그러나 저장기간이 길어짐에 따라 2개월 후부터 발아율이 약간 감소하는 경향을 보였다(표 2). 종자의 발아에는 항온보다는 변온이 매우 효과적이었으며 휴면타파에 실온건조가 효과적이었던 것으로 보아 종자의 미숙이 휴면요인중의 하나라고 생각되었다^{3,6,10)}.

뚝새풀(*Alopecurus aequalis* var. *amuriensis*) 종자의 경우 휴면타파에 효과적인 저장조건은 실온습윤저장이었으며 다음으로는 실온건조, 저온습윤 순이었다. 실온습윤조건에 저장할 경우에도 치상온도가 항온조건일 경우에는 저장 4개월 후부터 발아하기 시작하여 5개월 후에는 85.3%의 발아율을 보였으나, 변온조건에 치상

Table 4. Effect of change of storage condition on the germinability of several winter annual weed seeds.

Species	Germination temperature	Storage period (Mon.)	Change of storage condition					
			L. W.			R. W.		
			L. W.	L. D.	R. D.	R. W.	L. D.	R. D.
<i>Chenopodium album</i>	CT	1	4.7±2.4	14.7±3.5	10.0±3.1	0	0.8±0.7	2.0±0.0
		2	2.7±0.7	10.0±3.1	6.0±0.0	0	0.7±0.7	0
	AT	1	61.3±5.5	89.3±1.8	94.7±0.7	0	1.3±0.7	4.0±1.2
		2	-	86.7±1.8	80.0±2.3	0	0.7±0.7	2.7±1.3
<i>Persicaria vulgaris</i>	CT	1	3.3±0.7	2.0±1.2	3.3±1.8			
		2	0	10.0±2.0	2.0±1.2			
	AT	1	35.7±3.7	30.0±2.0	48.7±2.7			
		2	0	16.7±0.7	34.0±2.3			
<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>amuriensis</i>	CT	1	13.3±1.3	6.0±2.3	1.3±0.7	16.0±3.1	10.0±1.2	54.7±4.8
		2	ND	4.0±0.7	2.0±1.2	85.3±4.4	28.7±1.8	86.0±2.0
	AT	1	29.3±4.0	7.3±2.4	0.7±0.7	98.0±1.2	99.3±0.7	98.7±0.7
		2	ND	6.7±2.4	1.3±0.7	100.0	100.0	100.0
<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>	CT	1	32.0±2.0	4.7±2.4	6.0±0.0	ND	2.7±1.8	49.3±2.9
		2	37.3±4.4	3.3±1.8	6.7±1.3	ND	2.0±1.2	55.3±2.4
	AT	1	52.0±2.0	5.3±3.5	17.3±5.2	ND	95.3±0.7	96.7±0.7
		2	56.7±7.5	8.7±3.3	45.3±8.2	ND	95.3±0.7	96.7±3.3

Weed seeds, which had stored in wetting condition for 3 months, were air-dried and then restored at room temp(25°C) or low temp(4°C).

Germination rate(%) was determined after incubation for 10 days. Data represent the means of 3 replicates ±SE.

CT, constant temp. (25°C); AT, alternate temp. (25°C, 14 hr/15°C, 10 hr); L, low temp. (4±1°C); R, room temp. (25±1°C); D, drying condition; W, wetting condition; ND, not determined due to germination during storage.

한 경우에는 저장 2개월 후에 96.7%의 높은 발아율을 보였다(표 2). 전체적으로 볼 때 휴면타파를 위해서는 저온보다는 실온, 건조보다는 습윤조건에 저장하는 것이 바람직하였다. 그러나 실온습윤조건에 저장하면 쉽게 부패되거나 저장상태에서 발아되어 전체적인 활력이 감퇴될 수 있으므로 주의를 요하였다. 한편 임⁹⁾ 등은 뚝새풀종자의 휴면타파를 위해서는 30°C 건조처리에서 가장 효과적이었으며 습윤조건에서는 휴면이 타파되지 않는 것으로 보고하여 25°C에서 처리했던 본 실험결과와는 다른 경향이었는데 이는 처리온도의 상대적인 차이 때문인지도 모른다.

벼룩나물(*Stellaria alsine* var. *undulata*) 종자의 경우 종자의 발아에 항온보다 변온이 효과적이었으며 휴면타파를 위해서는 뚝새풀 종자에서

와 같이 실온습윤조건에 2-3개월 동안 저장하는 것이 가장 효과적이었다. 다음으로는 저온습윤조건으로 3개월 동안 저장하는 방법이었으며 저온건조에 저장할 경우에는 5개월 동안 항온과 변온조건에서 거의 발아하지 않았다(표 2).

그령(*Eragrostis ferruginea*) 종자의 경우 실온습윤조건으로 저장하면 1개월 이후 종자가 부패되어 사용할 수 없게 되었으며 실온건조에서는 저장후 5개월까지 45.3% 정도의 낮은 발아율을 보였다. 반면에 저온건조 저장에서는 전혀 발아하지 않았지만 저온습윤처리에서는 1개월 동안의 저장으로도 97.3%의 높은 발아율을 보였다(표 3). 따라서 휴면타파에 가장 적합한 저장조건은 저온습윤인 것으로 생각되었다.

수크령(*Pennisetum alopecuroides*) 종자의 경우

실온습윤 조건으로 저장하면 2개월째 21.3%의 발아율을 보였지만 3개월째 이후에는 종자가 완전히 부패되었다. 저온건조저장의 경우도 저장 2개월째부터 발아가 유기되어 5개월째에는 50% 정도의 발아력을 가졌다. 실온건조 저장에서는 저장 2개월째부터, 저온습윤에 저장할 경우에는 저장 1개월째에서도 60% 이상의 발아율을 보여 휴면타파에는 저온습윤저장이 가장 효과적인 것으로 생각되었다(표 3). 실온건조에서도 저장 2개월 이후에는 70% 이상의 발아력을 가지게 되기 때문에 저장의 효율성으로 볼 때는 이 방법도 바람직하다고 생각된다.

알방동사니(*Cyperus difformis*) 종자 역시 수크령 종자에서와 같은 경향으로서 저온습윤저장이 가장 효과적이었으며 다음은 실온건조저장이었다(표 3). 전반적으로 볼 때 다른 종자에 비해 휴면정도가 약한 것으로 판단되었으며 수확 후 일정기간의 후숙이 휴면타파에 필요한 것으로 생각되었다.

강피(*Echinochloa crus-galli* var. *oryzicola*) 종자의 경우 저온건조, 고온건조 및 저온습윤조건에 저장하면서 30°C 항온에서 발아실험을 하였을 때 저장 7개월 후에도 10% 미만의 낮은 발아율을 보였다. 반면에 저온담수에 저장하면 3개월째 86% 정도 발아되었으며 5개월째 이후에는 90% 이상의 발아율을 보였다(표 3). 타 보고^{4,5)}에서도 물에 침종하여 저온조건에 두면 3개월 후에 96%의 발아율을 보여 혐기조건이 휴면타파에 필요한 것으로 보고하고 있으며 그 원인에 대해서는 호흡저해와 관련한 각종 효소 활성변화 등의 연구가 진행되었으나¹³⁾ 정확한 기작에 대해서는 아직 불명확한 것 같다.

이상 야외에서 채종한 9가지 잡초종자의 바람직한 휴면타파 저장조건을 요약하여 보면 봄에 결실하는 초종들 중 흰명아주와 봄여뀌는 각각 저온건조, 저온습윤저장에서, 쇠별꽃, 벼룩나물, 뚝새풀은 실온습윤 또는 실온건조저장에서 휴면타파가 빠른 경향이었다. 가을에 결실하는 종자들의 경우, 강피가 저온담수 저장에서 효과적이었고 기타는 저온습윤저장에서 가장 빨리 휴면타파되었다. 수크령과 알방동사니는 실

온건조저장에서도 효과적이었다.

2. 저장조건 변환에 따른 이차휴면

습윤저장에서 휴면타파가 용이할 경우 그대로 계속해서 저장하게 되면 부패되거나 활력이 감퇴되어 쉽게 발아력을 상실하게 될 것이다. 따라서 양호한 발아력을 가진 종자를 연중 계속해서 공급하려면 다른 저장조건에 두지 않으면 안된다. 본 실험에서는 쇠별꽃종자를 제외한 나머지 종자들에 대하여 습윤상태에 저장된 것을 건조상태로 변환시켜 저장할 때 건조로 인한 발아율 변화가 일어나는지를 검토해 보았다. 왜냐하면 건조된 상태에서는 부패될 가능성이 낮고, 활력감퇴도 둔화될 것이며, 종자취급이 용이하다는 장점이 있겠지만 건조로 인해서 이차휴면이 유발될 수 있기 때문이다^{6,7)}.

흰명아주 종자를 3개월 동안 저온습윤저장을 하면 60% 정도의 발아율을 보였지만 이를 건조시켜 저온 또는 실온조건에 두면 이차휴면에 돌입하지 않고 90% 내외의 발아력 증가경향을 나타내었다(표 4)

뚝새풀과 벼룩나물 종자의 경우도 실온습윤 조건으로 3개월 동안 저장하여 휴면이 타파된 종자를 음건시켜 저온 또는 실온하에 저장하여도 2개월의 조사기간동안 95% 이상의 높은 발아율을 유지하였다(표 4). 그러나 벼룩나물 종자를 저온습윤조건에서 3개월 동안 저장하여 78%의 발아력을 나타낸 종자를 음건시켜 저온하에 저장하였을 때는 1개월 후 5.3%, 2개월 후 8.7%의 낮은 발아력을 보였고, 실온상태에 저장하였을 때에도 1개월째 17.3%, 2개월째 45.3%로서 초기보다 오히려 발아율이 감소되었던 것으로 보아 건조에 의한 이차휴면이 유발되는 것으로 생각되었다. 뚝새풀의 경우도 정도는 낮으나 같은 경향이었다.

봄여뀌 종자의 경우 3개월 저온습윤저장시 71%의 발아율을 보였는데 이를 건조시켜 저온 또는 실온하에 재보관하면 건조시키기 이전의 발아율보다 낮아져 저온저장 1, 2개월째에 각각 30%, 16.7%이었고, 실온저장시에도 1, 2개월째에 각각 48.7%, 34%이었다. 그런데 휴면

Table 5. Effect of change of storage condition on the germinability of several summer annual weed seeds.

Species	Germination temperature	Storage period (Mon.)	Change of storage condition					
			L. W.			R. W.		
			L. W.	L. D.	R. D.	L. S.	L. D.	R. D.
<i>Eragrostis ferruginea</i>	CT	0.5	100.0	100.0	100.0			
		1.5	100.0	100.0	100.0			
		2.5	100.0	100.0	97.3±0.7			
<i>Pennisetum alopecuroides</i>	CT	0.5	64.7±2.9	45.3±2.7	44.0±4.0			
		1.5	62.0±1.2	54.7±1.8	54.0±2.3			
		2.5	61.3±1.3	62.7±1.3	61.3±1.3			
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>oryzicola</i>	CT	1.0	8.7±1.3	3.3±2.4	78.0±8.4	94.7±0.7	70.0±1.2	97.3±0.7
		2.0	7.3±1.8	10.0±0.0	98.7±0.7	97.3±0.7	70.0±3.5	97.3±0.3
		3.0	11.3±1.8	8.7±1.8	97.3±1.3			

Weed seeds, which had been stored in wetting or soaking condition for the period indicated in Materials and Methods, were air-dried and then restored at room temp (25°C) or low temp (4°C). Germination rate (%) was determined after incubation for 10 days. Data represent the means of 3 replicates±SE.

CT, constant temp. (30±1°C); L, low temp. (4±1°C); R, room temp. (25±1°C); D, drying condition; W, wetting condition; S, soaking condition

타파가 양호했던 저온습윤조건에 계속해서 저장되었던 것도 저장기간이 길어짐에 따라 발아율이 낮아졌고 건조로 저장변환을 했을 경우 이 보다는 발아율이 다소간 높았던 것으로 보아(표 4) 건조로 인한 이차휴면의 돌입은 일어나지 않은 것으로 추정된다.

그렇 종자는 저온습윤 조건에서 1개월 이상 저장하면 대부분의 종자가 발아하게 되는데 3개월 후 이를 음건시켜 저온 또는 실온상태에 저장하여도 조사기간동안 발아율 감소가 관찰되지 않았다(표 5). 수크령 종자의 경우는 3개월 저온습윤저장시 64.7%의 발아율을 보였는데 이를 건조시켰을 때 저장변환 1개월 후 45%로 감소되었지만 저장기간이 길어짐에 따라 회복되어 3개월 후에는 62%정도의 발아율을 나타내었다(표 5).

알방동사니 종자의 경우는 저온습윤조건으로 5개월 동안 저장하여 휴면이 타파된 종자를 음건시켜 저온 또는 실온하에 저장하여도 2개월의 조사기간동안 95% 이상의 높은 발아율을 유지하였다(표 5).

강피의 경우 4개월 저온담수저장하여 약 79%의 발아율을 보인 것을 음건시켜 실온조건에 저장하면 저온담수에 계속해서 저장한 것과 비슷

하게 97.3%의 발아율을 나타내었으나 이를 저온건조에 보관한 것은 70%의 발아율로서 저장변환 초기의 발아력을 유지하고 있었다. 반면에 4개월 저온습윤저장시 전혀 발아하지 않았던 강피 종자를 건조시켜 저온조건에 두면 10% 미만의 낮은 발아율을 나타낸 반면 실온에 저장하면 발아율이 크게 증가하여 저장변환 1, 2개월 째 각각 78%, 99%의 발아율을 나타내었다(표 5). 이와 같이 저온습윤에서 발아하지 않고 있던 종자가 실온건조 조건으로 변환시켜 저장하였을 때 저온습윤에 계속해서 저장하고 있었던 것에 비하여 높은 발아력이 유지되었던 것은 매우 흥미로운 결과이며 그 원인에 대해서는 좀 더 연구가 진행되어야 하겠다.

이상의 실험결과를 볼 때 건조에 따른 이차휴면 돌입은 일정한 경향이 없이 식물종, 사전의 저장조건 또는 건조후 저장온도에따라 상이하게 나타나는 경향이였다. 따라서 식물종마다 각자의 실험을 거쳐 이차휴면이 돌입되지 않는 조건을 찾아야 할 것으로 판단되며 본 실험의 경우 봄여뀌 종자를 제외한 다른 종자들에 대해서는 양호한 발아력을 비교적 장기간 유지시키기 위한 전략, 즉 습윤조건에서 빠르게 휴면을 타파시킨 다음 이를 건조조건으로 옮겨서 사

용하고자 하는 전략이 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 생각되었다. 봄여뀌의 경우에는 이차휴면의 유기보다는 휴면타파 자체에 이상한 경향을 보였기 때문에 저온습윤조건에 3개월 보관하여 사용하든지, 건조시킬 경우 농황산 처리¹⁾와 같은 어떠한 다른 처리가 강구되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 양호한 발아력을 가진 잡초종자를 연중 공급하기 위한 한가지 수단으로서 휴면을 가능한 한 빨리 타파시킨 후 이를 건조상태로 보관하여 사용하는 방법에 대해서 그 가능성을 검토하여 보았다. 즉 몇 가지 잡초종자의 휴면을 가장 빨리 타파시키는 저장조건을 찾고 만일 습윤조건에서 휴면타파가 양호할 경우에는 건조조건으로 옮겨 저장하였을 때 실용상 문제가 될 정도의 발아율감소가 관찰되는지를 조사하여 보았다.

잡초종자의 바람직한 휴면타파 저장조건 및 기간은 명아주와 봄여뀌의 경우 각각 저온건조 1개월, 저온습윤 2-3개월, 쇠별꽃은 실온건조 1개월, 벼룩나물과 뚝새풀은 실온습윤 2개월, 그령은 저온습윤 1개월, 수크령 종자는 저온습윤 1개월 또는 실온건조 3개월, 알방동사니는 실온습윤 1개월 또는 저온습윤 3개월, 강피는 저온담수에 3개월간 저장하는 것이었다.

이들 저장조건중에서 습윤 또는 담수조건에서 휴면타파가 효과적이었던 종자를 건조조건으로 저장변환시켰을 경우 실용상 문제가 될 정도의 발아력 감소는 없었다. 즉 벼룩나물, 뚝새풀, 그령, 알방동사니 종자를 음건시켜 저온 또는 실온하에 저장하여도 발아율 감소가 관찰되지 않았다. 수크령의 경우는 저장변환 1개월 후 발아율 감소가 일어났지만 저장기간이 길어짐에 따라 회복되었다. 저온담수에 보관된 강피의 경우는 실온건조에 보관하면 저온건조에 저장한 것보다 25% 정도 높은 발아율을 나타내었다. 따라서 이들 종자들에 대해서는 습윤 또는 담수조건에서 빠르게 휴면을 타파시킨 다음

이를 건조조건으로 옮겨서 사용하고자 하는 전략이 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 생각되었다. 그러나 봄여뀌의 경우에는 건조로 인한 이차휴면은 관찰되지 않았으나 모든 저장조건에서 저장기간이 길어짐에 따라 발아율이 현저히 감소하는 특징을 보였기 때문에 실용적인 사용을 위해서는 저온습윤조건에 3개월 보관후 사용하든지, 농황산 처리와 같은 어떠한 다른 처리가 필요할 것으로 판단되었다.

한편 저온습윤저장에서 거의 발아하지 않고 있던 강피 종자를 실온건조 조건으로 변환시키면 저온습윤에 계속해서 저장하고 있었던 것에 비하여 높은 발아력이 유기되었다.

인 용 문 헌

1. 조광연·김진석·김영섭. 1987. 건조저온저장한 몇가지 잡초종자의 발아유기. 한잡초지 7(1) : 19-28.
2. Cobb, A. 1992. Herbicides and Plant Physiology. Chapman & Hall, London, pp.1~20.
3. 강병화·심상인·이상각·신현원. 1993. 우리나라 우점잡초종의 휴면에 관한 생리·생화학적 연구. 한환농지 12(2) : 193-207.
4. Kataoka, T. and S.Y. Kim. 1977. Effects of storage conditions on dormancy-awakening of several weed seeds. Weed Research, Japan 22(3) : 32-34.
5. Kennedy, R., S.C.H. Barrett, D.V. Zee and M.E. Rumpho. 1980. Germination and seedling growth under anaerobic condition in *Echinochloa crus-galli*(barnyardgrass). Plant Cell and Environ. 3 : 243-248.
6. Khan, A.A. 1982. The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press, New York, U.S.A. 547p.
7. Khan, A.A. and C.M. Karssen. 1980. Induction of secondary dormancy in *Chenopodium bonushenicus* L. seeds by osmotic and high temperature treatment and its prevention by

- light and growth regulators. *Plant Physiol.* 66 : 175-180.
8. 김길웅 · 신동현. 1993. 바랭이 종자의 휴면 타파에 관한 연구. *한잡초지* 3(2) : 137-142.
 9. 임일빈 · 이선용 · 허상만. 1994. 뚝새풀(*Alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis*(Kom.) Ohwi.)의 생리생태적 특성 및 방제. 1. 발아 및 출아특성. *한잡초지* 14(4) : 239-244.
 10. Mayer, A.M. and Y. Shain. 1974. Control of seed germination. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 25 : 167-171.
 11. Metzger, J.D. 1983. Role of endogenous plant growth regulators in seed dormancy. *Plant Physiol.* 73 : 791-799.
 12. Taylorson, R.B. and S.B. Hendricks. 1977. Dormancy in seeds. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28 : 331-335.
 13. Yamasue, Y., K. Ueki and H. Chisaka. 1987. Seed dormancy and germination of *Echinochloa oryzicola* Vasing ; An observation through respiration and several enzyme activities. *Weed Research, Japan* 32(3) : 188-197.
 14. 연구복 · 장영희 외. 1993. 한국의 밭잡초. 농촌진흥청.
 15. Zimdahl, R.L. 1993. *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press, New York. 450p.