

## 退化處理에 따른 유채, 배추, 무 種子의 糖 漏出\*

洪承範\*\* · 李錫淳\*\*

### Sugar Leakage from Differently-aged Seeds of Rape, Chinese Cabbage and Radish\*

Seung Beom Hong\*\* and Suk Soon Lee\*\*

**ABSTRACT** : Experiments were conducted to know the relationships between seed quality and leakage of sugars from differently-aged seeds of rape, Chinese cabbage and radish. Seeds were artificially aged at 90% relative humidity and 45°C to get different seed qualities. Significant amounts of total sugars were leaked from the dead seeds of all crops during the 8~24 hours soaking period, while high quality seeds leaked negligible amounts of total sugars. High quality seeds of all crops contained lots of sucrose and glucose and some stachyose, raffinose and fructose. During the artificial aging of seeds stachyose, raffinose, and sucrose decreased, while glucose and fructose increased.

**Key words** : Artificial aging, Total sugars, Glucose, Fructose, Sucrose, Raffinose, Stachyose

종자를 물에 침지하였을 때 분비되는 가용성 물질은 糖, 아미노산, 단백질, 무기성분 등 여러가지가 있다. 그 중 糖은 벼,<sup>2)</sup> 고추,<sup>3)</sup> 부추,<sup>6)</sup> 파,<sup>6)</sup> 양파,<sup>8)</sup> leek,<sup>8)</sup> 양배추,<sup>8)</sup> 유채<sup>11)</sup> 등 많은 작물에서 건전종자보다 활력이 낮거나 죽은 종자가 全糖을 더 많이 분비하였다. 그러나 땅콩<sup>13)</sup>에서는 퇴화된 종자가 건전종자보다 오히려 당이 더 적게 분비되었고, 홍<sup>9)</sup>은 고추, 양파, 담배, 참깨, 토마토, 오이, 참외, 당근 등의 종자에서는 종자의 활력에 관계없이 전당이 거의 분비되지 않았다고 보고하여 작물의 종류에 따라 당의 분비양상이 다르고, 벼<sup>2)</sup>와 고추<sup>3)</sup>에서는 품종에 따라서도 전당의 분비량이 달랐다.

작물의 종류와 종자의 활력은 물론 침지시간에 따라서도 全糖의 분비량이 현저히 다르다. 죽은 종자나 활력이 낮은 종자는 흡수 초기에 입은 膜의

상처를 통하여 시간이 경과할수록 당의 분비량이 현저히 증가하는 반면 건전종자는 상처를 곧 회복하여 분비량이 증가하지 않으며, 경우에 따라서는 분비된 당이 종자에 흡수되어 대사에 이용되면 침지용액의 당 함량이 오히려 감소하기도 한다.<sup>1,8)</sup> 그래서 죽은 종자와 살아있는 종자간에 분비된 당의 양이 현저히 차이가 나는 시간은 양배추, 양파, leek 종자에서는 침지 후 4~24시간이었다.<sup>8)</sup>

또한 죽은 종자와 활력이 낮은 종자에서 분비되는 당의 종류도 달랐는데 양배추와 leek 종자에서는 주로 glucose, fructose 등 還元糖이, 양파 종자에서는 sucrose와 raffinose 등 非還元糖이 많이 나왔다.<sup>8)</sup> 분비되는 당의 종류에 관한 연구는 종자별로 분비되는 당과 어떤 화학물질을 반응시켜 당의 유무를 보고 종자활력이 다른 종자를 구분하는 지표로 삼기 위하여 필요하지만 아직 이에

\* 이 연구는 1993년도 韓國科學財團 研究費支援(931-0600-028-2)에 의한 결과임.

\*\* 嶺南大學校 自然資源大學 農學科(Dept. of Agronomy, Coll. of Natural Resources, Yeungnam Univ., Kyongsan 712-749, Korea).

관한 연구가 미흡하다.

그래서 본 시험에서는 유채, 배추, 무 종자를 인위적으로 퇴화시켜 활력이 다르게 처리한 후<sup>5)</sup> 퇴화과정 중 당의 변화와 종자가 분비하는 당을 분석하여 非破壞的으로 죽은 종자나 활력이 낮은 종자를 골라내는 방법의 기초를 마련하고자 하는데 그 목적이 있다.

## 材料 및 方法

공시작물(품종)은 1993년 서울중요산업에서 생산한 유채(*Brassica napus* L., 한라유채), 배추(*Brassica pekinensis* Rupr., 강세봄배추), 무(*Raphanus sativus* L., 중국청피무), 종자를  $-10^{\circ}\text{C}$ 에 보관하였다가 시험에 사용하였다.

종자의 인위적 퇴화(artificial aging)는 相對濕度 90%(glycerol과 물을 섞어比重 1.089이 되도록 조절하여 밀폐된 상자에 넣음),<sup>5)</sup> 온도  $45^{\circ}\text{C}$ 에서 퇴화처리하여 작물마다 발아율이 약 50%인 활력이 중인 종자, 0%인 죽은 종자를 만들었으며, 건전종자는 퇴화처리하지 않았다.

활력이 다른 종자를 물에 침지하였을 때 분비되는 당을 측정하기 위하여 종자 1.0g과 10ml의 蒸溜水를 50ml 용기에 넣고,  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 2, 4, 8, 12, 16, 20, 24 시간 침지시킨 후 여과하여(Whatman #42) 濾過液이 10ml가 되도록 증류수를 보충하였다. 침지용액의 성분변화를 막기 위하여 시료가 담긴 용기를  $100^{\circ}\text{C}$  물에 5분간 담구어 酵素를 불활성화시킨 후  $-10^{\circ}\text{C}$ 에서 冷凍保管하였다가 실온에서 녹인 후 분석에 사용하였다. 또 종피나 세포막이 종자내의 당 분비를 억제할 수 있으므로 종자를 Wiley mill (General Electric, USA)로 분쇄하여 20mesh 체를 통과시킨 시료를  $25^{\circ}\text{C}$ 에서 24시간 침지한 후 濾液을 분석하여 종자내의 당함량을 추정하였다.

糖은 全糖(total sugars), 單糖類(monosaccharides) 및 少糖類(oligosaccharides)를 분석하였다. 全糖의 분석은 phenol-sulfuric법<sup>4)</sup>을 이용하였고, 單糖類 및 少糖類의 분석은 시료를 polyvinylpyrrolidone(PVPP), amberlite IRA-

94, Dowe-x50W로 충전한 column에 넣고, 맥동식 펌프(Eyela, Japan)를 이용하여 2ml/min의 속도로 통과시켜 페놀성 물질, 음이온, 양이온을 제거한 후 冷凍乾燥하였다. 냉동건조시킨 시료를 HPLC용 증류수 1ml에 녹인 후 pore size  $0.45\ \mu\text{m}$ 인 membrane filter로 여과시켜 HPLC(Waters 440, USA)로 분석하였다. 사용한 column은 Waters carbohydrate analysis column이었고, detector는 Waters differential refractometer R401 이었다. 주입기는 Waters 712 WISP 자동 주입기를 이용하였으며, 주입량은  $20\ \mu\text{l}$ 이었다. Fructose와 glucose를 분석할 때 사용한 溶媒는 80% acetonitrile( $\text{CH}_3\text{CN}$ )이었고, sucrose, raffinose, stachyose를 분석할 때는 70% acetonitrile을 이용하였으며, flow rate는 1.5ml/min, chart speed는 0.5cm/min, attenuation 8X이었다. 표준당은 glucose는 昭和化學工業株式會社(東京, 日本), fructose는 Jessen Chemica (Belgium), sucrose는 東洋化學株式會社(서울, 韓國), raffinose와 starchyose는 Sigma (USA) 제품이었다.

## 結果 및 考察

### 1. 人爲的 種子退化處理에 依한 發芽率

종자를 상대습도 90%, 온도  $45^{\circ}\text{C}$ 의 조건에서 인위적으로 퇴화시킬 때 퇴화처리기간에 따른 작물별 발아 후 건전묘, 불량묘, 죽은 종자 비율의 변화를 보면 표 1과 같다. 모든 작물 종자는 인위적으로 퇴화처리하여도 2일까지는 활력이 크게 떨어지지 않았지만 4일 이후부터는 발아율이 급격히 떨어져, 유채는 6일, 배추와 무는 각각 10, 12일 이후에 종자활력을 완전히 상실하였다.

홍<sup>6)</sup>은 같은 인위적인 종자퇴화조건이라도 작물에 따라 퇴화속도가 현저히 차이를 보고하였고, 다른 연구자들도 상대습도가 100%, 온도  $42\sim 50^{\circ}\text{C}$ 에서 종자를 인위적인 퇴화처리하였을 때 대두,<sup>9)</sup> muskmelon<sup>10)</sup> 등의 작물 종자에서 처리기간이 경과할수록 종자활력이 저하하였으며, 특히 같은 작물이라도 muskmelon<sup>10)</sup>에서는 품종간에도

Table 1. Changes in percentage of normal(NS) and abnormal seedlings(AS) and dead seeds (DS) from artificially aged seeds of rape, Chinese cabbage and radish during the artificial aging at 90% RH and 45°C

(Unit : %)

Duration of aging(days)	Rape			C. cabbage			Radish		
	NS	AS	DS	NS	AS	DS	NS	AS	DS
0	99	0	1	94	1	5	98	1	1
2	82	2	16	91	0	9	75	1	24
3	61	18	21	84	3	13	78	4	18
4	22	19	59	63	4	23	57	4	39
5	2	0	98	55	7	38	55	16	29
6	0	0	100	37	4	59	42	7	51
8	0	0	100	1	0	99	25	17	58
10	0	0	100	2	9	89	0	0	100
12	0	0	100	0	0	100	0	0	100

이와 같이 인위적인 퇴화처리기간에 따른 종자의 발아율을 근거로 작물마다 퇴화처리하지 않은 건전종자, 건전묘 비율이 50%인 활력이 중인 종자, 건전묘 비율이 0%인 죽은 종자를 만들기 위하여 상대습도 90%, 온도 45°C에서 인위적인 퇴화처리하였다. 건전종자의 건전묘 비율은 유채 99%, 배추 94%, 무 98% 이었고, 발아율 50%를 목표로 인위적인 퇴화처리를 한 종자는 배추와 무는 각각 5.5일간 퇴화처리하여 건전묘 비율 47 및 46%인 종자를 만들었고, 유채는 3.5일 처리하여 건전묘 비율이 55%인 활력이 중인 종자를 만들었다. 죽은 종자는 유채 6일, 배추 10일, 무 12일간 인위적인 퇴화처리하여 건전묘 비율이 0%인 죽

은 종자를 얻었다.

## 2. 全糖(Total sugars)

활력이 다른 종자를 물에 침지하였을 때 시간에 따라 분비되는 전당의 변화를 보면 그림 1과 같다. 모든 작물의 죽은 종자는 침지시간이 경과할수록 전당을 계속해서 분비하였지만 활력이 중인 종자는 죽은 종자에 비하면 당 분비량이 현저히 적었고, 침지 16시간 이후에는 오히려 용액의 당 함량이 감소하는 경향이었다. 그리고 배추와 유채의 건전종자는 거의 당을 분비하지 않았고, 무의 건전종자는 약간의 당을 분비하였지만 대체로 침지 4~8시간 이후에는 죽은 종자와 건전종자간에

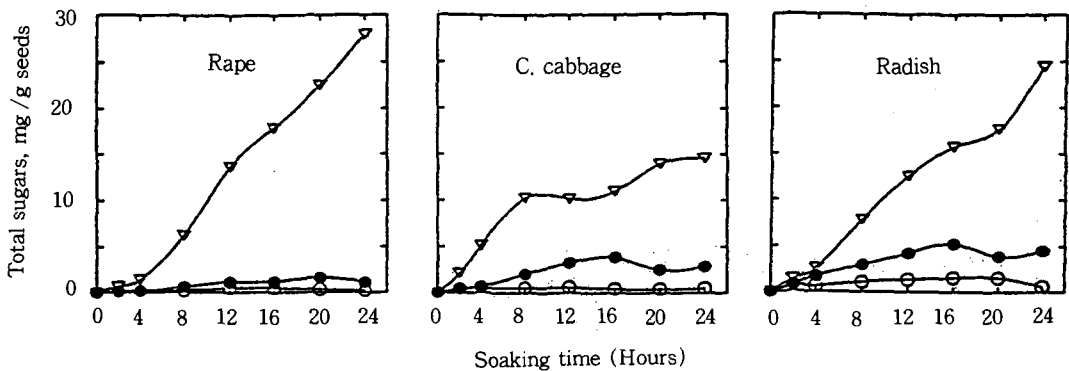


Fig. 1. Total sugars in the leachates of differently-aged seeds of rape, Chinese cabbage and radish (○ High quality, ● Midium quality, ▽ Dead seed).

**Table 2.** Total sugars leaked from crushed and intact seeds into water 24 hours after soaking  
(Unit : mg /g seeds)

Seed quality	Rape			C. cabbage			Radish		
	Crushed (A)	Intact (B)	B/A (%)	Crushed (A)	Intact (B)	B/A (%)	Crushed (A)	Intact (B)	B/A (%)
High	42.6 ns	0.2 b <sup>1)</sup>	0.5 b	35.2 a	0.5 c	1.4 b	48.4 ns	0.6 c	1.2 c
Medium	49.4	1.1 b	2.2 b	29.4 ab	2.9 b	9.9 b	45.0	4.5 b	10.0 b
Dead	40.3	27.9 a	69.2 a	27.7 b	14.6 a	52.7 a	36.0	24.4 a	67.8 a

1) : Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by Duncan's New Multiple Range Test.

전당 분비량의 차이가 현저하였다. 다른 연구자들이 고추,<sup>3)</sup> 양파,<sup>8)</sup> 유채<sup>11)</sup> 등에서 비슷한 경향을 보고하였으며, 건전종자의 전당 함량이 침지시간이 경과할수록 다소 감소하는 경향을 보였던 것은 종자가 침지용액에 분비한 전당을 다시 흡수하여 대사에 이용하였기 때문으로 보인다.<sup>1)</sup>

활력이 다른 종자의 분쇄물과 분쇄하지 않은 종자를 24시간 동안 침지했을 때 침지용액에 분비되는 당 함량을 보면 표 2와 같다. 종자 분쇄물의 경우 유채는 건전종자보다 활력이 중인 종자가 당이 다소 더 많았지만, 대체로 세 작물 모두 퇴화처리가 많이 될수록 당 함량이 감소하였다. 홍<sup>6)</sup>은 당 함량이 높은 종자는 인위퇴화처리하면 당 함량이 감소하였지만 당 함량이 적은 종자는 오히려 당 함량이 증가한다고 하여 작물에 따라 퇴화 중 당의 변화가 다른 경향을 보였다. 한편 분쇄하지 않은 종자의 당 분비량 비율(분쇄하지 않은 종자의 당 분비량/종자 분쇄물의 당 분비량)은 모든 작물에서 퇴화의 정도가 심할수록 증가하여 당의 분비량이 종자의 활력을 측정하는 좋은 지표가 될 것으로 생각된다.

### 3. 單糖類(Monosaccharides) 및 少糖類(Oligosaccharides)

종자의 퇴화과정 중 종자내 당의 변화와 종자를 침지할 때 분비되는 당의 비율을 알기 위하여 활력이 다른 유채, 배추, 무 종자를 각각 분쇄한 것과 분쇄하지 않은 종자로 나누어 25℃에서 24시간 물에 침지시킨 후 침지용액에 함유된 단당류와 소당류를 분석한 결과를 보면 표 3과 같다.

건전종자 분쇄물을 침지한 용액의 당류는 작물

에 따라 달랐는데 어느 작물에서나 sucrose와 glucose가 가장 많았다. 배추에서는 fructose가 stachyose 혹은 raffinose보다 다소 많았지만 무와 유채에서는 fructose가 stachyose 혹은 raffinose보다 더 적었다. 그러나 활력이 중인 종자와 죽은 종자의 분쇄물에서는 sucrose, raffinose, stachyose 등 소당류의 함량은 줄고, 대신 fructose와 glucose 등 단당류의 함량이 증가하였는데 인위적인 종자 퇴화과정에 소당류가 단당류로 분해된 것으로 보인다.

이상의 결과를 고찰해 보면 종자 중에 저장되어 있는 주요 당이 보리에서는 sucrose이고,<sup>1)</sup> 콩, 팥, 완두, 등豆科와 유채에서는 sucrose, raffinose, stachyose이며,<sup>11,12)</sup> 이들 소당류는 발아 중인 종자나 물에 침지하였을 때는 그 양이 줄고, 분자량이 더 작은 소당류나 fructose, glucose로 변한다고 보고한 것과 비슷한 경향이였다. 그리고 Lee와 Shallenberger<sup>7)</sup>는 raffinose나 stachyose가 분자량이 더 작은 다른 소당류로 가수분해될 때 생성된 galactose는 물질대사에 빨리 이용되기 때문에 종자에 저장되지 않는다고 하였는데 본 시험에서도 퇴화처리 과정에서 raffinose와 stachyose가 감소되어도 galactose는 축적되지 않았다. 그러나 배추와 무는 건전종자의 glucose 함량도 높았는데 이것은 시료로 사용된 종자가 이미 퇴화단계에 있어 부분적인 당류분해가 이루어졌거나 본래부터 종자에 축적된 glucose 함량이 높았던 것으로 판단되었다.

분쇄하지 않은 종자를 물에 침지하였을 때 건전종자는 어느 당도 분비하지 않았으나 활력이 중인 배추 종자는 주로 fructose와 glucose를 분비하

**Table 3.** Contents of mono- and oligosaccharides in the leachates of different seed qualities of crushed and intact seeds of rape, Chinese cabbage and radish soaked for 24 hours at 25°C

(Unit : mg / g seeds)

Sugar	High quality			Medium quality			Dead seed		
	Crushed (A)	Intact (B)	B/A (%)	Crushed (A)	Intact (B)	B/A (%)	Crushed (A)	Intact (B)	B/A (%)
Rape									
Fructose	1.0	0	0	1.6	0	0	7.0	4.7	89.5
Glucose	9.9	0	0	11.2	1.2	10.3	17.0	12.9	83.3
Sucrose	22.4	0	0	19.3	1.1	5.7	8.6	7.7	89.5
Raffinose	1.3	0	0	1.1	0	0	1.0	0	0
Stachyose	6.9	0	0	5.0	0	0	3.2	0	0
Chinese cabbage									
Fructose	3.1	0	0	6.1	1.1	18.0	7.6	6.8	89.5
Glucose	7.2	0	0	10.7	1.3	11.7	11.2	9.4	83.3
Sucrose	10.9	0	0	3.3	0	0	1.4	0	0
Raffinose	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0
Stachyose	2.8	0	0	0	0	0	0	0	0
Radish									
Fructose	3.1	0	0	2.5	2.0	78.0	8.5	6.1	72.1
Glucose	11.4	0	0	10.4	1.5	14.8	19.7	11.1	56.1
Sucrose	11.3	0	0	10.9	0.8	6.9	0.6	0	0
Raffinose	5.4	0	0	4.1	0	0	1.5	0	0
Stachyose	7.8	0	0	6.9	0	0	2.5	0	0

였고, 무 종자는 fructose, glucose, sucrose를, 유채 종자는 glucose와 sucrose를 분비하였다. 또 배추와 무의 죽은 종자는 fructose와 glucose를 분비하였고, 유채 종자는 fructose, glucose와 sucrose를 분비하여 작물마다 종자활력에 따라서 분비하는 당류가 달랐다. 종자를 물에 침지하였을 때 분비되는 당의 비율(분쇄하지 않은 종자 침지 용액의 당 함량 / 종자 분쇄물 침지용액의 당 함량)은 fructose가 glucose보다 높았으며, 활력이 낮은 종자일수록 분비하는 비율이 높았다. Sucrose는 활력이 중인 종자에서는 fructose나 glucose보다 분비되는 비율이 낮았으나 죽은 종자에서는 fructose와 비슷하였으며, 분자량이 더 큰 raffinose와 stachyose는 종자 분쇄물의 침지용액에는 존재하여도 분쇄하지 않은 종자는 분비하지 않았다.

건전한 종자는 당을 거의 분비하지 않고, 활력이 낮거나 죽은 종자가 fructose, glucose 등을

많이 분비하고, maltose, raffinose, stachyose도 분비한다는 것은 유채<sup>11)</sup>에서 보고된 바 있다. 그리고 Lee 등<sup>8)</sup>은 양배추, 양파, leek의 죽은 종자는 다량의 glucose와 sucrose, 소량의 stachyose를 분비하였는데 양파는 glucose보다 sucrose를 더 많이 분비하였고, leek는 비슷한 양을 분비하였으며, 양배추는 주로 glucose를 분비한다고 보고하여 작물에 따라 분비하는 당의 종류가 달랐다. 이것은 작물의 종류와 퇴화 정도에 따라 막의 투과성이 다르기 때문으로 생각된다.

종자별로 당의 분비량을 보고 활력을 검정하기 위해서는 분비되는 당의 종류, 이 당과 반응하여 당의 분비를 알 수 있는 방법을 개발하여야 한다. 현재의 당 분석법은 고온에서 시약과 정색반응하여야 하므로 바로 적용하기 어려우나 앞으로 상온에서도 종자에서 분비되는 극 미량의 당과 반응하여 구분할 수 있는 방법이 개발되면 非破壞的으로 죽은 종자나 활력이 낮은 종자를 골라낼 수 있을

것이다.

## 摘 要

비과과적으로 활력이 낮은 종자를 선별해내는 방법의 기초를 확립하고자 유채, 배추, 무 종자를 상대습도 90%, 온도 45℃에서 인위적으로 퇴화시켜 종자활력과 종자를 물에 침지할 때 분비되는 당의 종류, 분비량, 분비시간과의 관계를 구명한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 모든 작물의 건전종자는 쏘롱을 분비하지 않았지만 죽은 종자는 침지 후 4~8시간부터 전당을 많이 분비하였다.
2. 유채, 배추, 무의 건전종자는 sucrose와 glucose를 가장 많이 함유하였고, stachyose, fructose, raffinose도 함유하였다. 인공퇴화과정에서 stachyose, raffinose, sucrose는 줄고, glucose와 fructose는 증가하였다.

## 引用文獻

1. Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Sci.* 10: 31-34.
2. Agrawal, P. K. 1977. Germination, fat acidity and leaching of sugars from five cultivars of paddy(*Oryza sativa*) seeds during storage. *Seed Sci. & Technol.* 5:489-498.
3. Doijode, S. D. 1988. Solute leakage in relation to loss of seed viability in chilli cultivars. *Indian J. Plant Physiol.* 31(3) :285-287.
4. Dubois, M., K. A. Gillers, J. K. Hamilton, P. A. Robers, and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analy. Chem.* 28(3):350-356.
5. Forney, C. F., and D. G. Bandle. 1992. Control of humidity in small controlled-environment chambers using glycerol-water solutions. *HortTechnology* 2:52-54.
6. 洪承範. 1995. 非破壞的 方法에 依한 種子活力 檢定. 嶺南大學校 大學院 博士學位論文.
7. Lee, C. Y., and R. S. Shallenberger. 1969. Changes in free sugar during the germination of pea seeds. *Separatum Experimentia* 25:692.
8. Lee, S. S., A. G. Taylor, and M. M. Beresniewicz. 1994. Sugar leakage from aged leek, onion, and cabbage seeds (Submitted to *Seed Sci. & Technol.*).
9. Leopold, A. C., and M. E. Musgrave. 1980. Respiratory pathways in aged soybean seeds. *Physiol. Plant.* 49:49-54.
10. Pesis, E., and T. J. Ng. 1983. Viability, vigor, and electrolytic leakage of muskmelon seeds subjected to accelerated aging. *HortScience* 18(2):242-244.
11. Takayanagi, K., and K. Murakami. 1969. New method of seed viability test with exudates from seed. *Proceed. Internat. Seed Testing Asso.* 34:243-252.
12. Tanaka, M., D. Thananunkul, T. C. Lee and C. O. Chichester. 1975. A simplified method for the quantitative determination of sucrose, raffinose and stachyose in legume seeds. *J. Food Sci.* 40:1087-1088.
13. Wadhwa, M., K. Verma, K. L. Bajaj, and R. Singh. 1989. Effect of seed encapsulation on leaching of components from groundnut(*Arachis hypogaea*). *Seed Sci. & Technol.* 17:99-105.