

벼 생태형별 저장기간에 따른 종자 발아율 및 이화학적 특성변화

김홍열[†] · 양창인 · 최용환 · 원용재 · 이영태

작물과학원

Changes of Seed Viability and Physico-Chemical Properties of Milled Rice with Different Ecotypes and Storage Duration

Hong-Yeol Kim[†], Chang-Ihn Yang, Yong-Hwan Choi, Yong-Jae Won, and Young-Tae Lee

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT This study was carried out to examine the effects of storage duration on physico-chemical properties of milled rice. Rough rice of three rice ecotypes (Japonica, Tongil and F1 hybrids with Tongil back-ground) was stored for 4, 16, 28 and 40 months without artificial environmental control in seed warehouse. And this materials were investigated for seed germination rate, brown rice hardness, alkali digestion value (ADV), contents of protein, amylose, total sugar, and reducing sugar. Seed germination rate was significantly reduced with storage duration increased regardless of rice ecotypes : 66.7% from 16 months storage, 2.5% from 28, and nil from 40 months storage in Japonica rices. And 54.0%, 67.9% in Tongil, and F1 hybrid after 40 months storage, respectively. Brown rice hardness was not significantly affected by storage duration but showed significant genotypic differences. As the storage duration prolonged, sugar content and alkali digestion value increased, protein content declined while amylose content did not show clear tendency. Total and reducing sugar contents showed sharp increase upto 16 months storage and thereafter steady increase, and the percentage of reducing sugar content out of total sugar content increased with extended storage duration.

Keywords : rice, storage, sugar, amylose, protein, ADV, seed germination

우리나라 쌀 생산성은 1970년에 3.27 MT/ha이던 것이 다수성 품종육성과 재배 기술의 개발보급에 힘입어 1997년에는 5.18 MT/ha로 연간 약 6.8 kg/10a정도 생산성 증가를 보이고 있다(농진청, 1998). 특히 1981년 이후 연속 평년작 이

상의 안정된 쌀 생산과 국민 1인당 쌀 소비량 감소에 의하여, 인구의 증가에도 불구하고 쌀 재고량이 증가하여 1990년에는 통일형 품종을 장려품종에서 제외시킴과 아울러 가공에 의한 재고미 소비를 권장하였다. 1995년에는 WTO 출범에 따른 쌀 수입 최소시장 접근허용으로 1996년에 63천여 톤의 외국산 쌀 수입을 시작으로 2014년에는 수입 의무량으로 40여만톤을 수입하게 되어있어 재고미 활용방안을 찾는 노력이 절실히 필요하게 되었다.

벼 알은 하나의 생명체로서 저장기간 중에도 생리대사작용을 하기 때문에 저장기간이 길어질수록 자체 양분이 소모되어 종자의 활력을 잃게 되며, 쌀의 외관은 윤기가 없어지고 고미 특유의 냄새가 발생되어 취반 후에도 밥에 윤기가 없고 찰기와 질감이 떨어져서 품질의 저하와 양적인 감소를 초래하게 된다(한 등 1975, 한 등 1976, 권 등 1991).

따라서 본 실험은 벼 생태형별로 저장기간에 따른 쌀의 물리화학적 특성변화 정도를 정량적으로 파악하고 재고미 활용을 위한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 재료는 표 1에서와 같이 자포니카형의 여명벼, 진흥 및 추청벼, 통일형의 태백벼, 남풍벼 및 청청벼, 통일형에서 유래된 1대잡종형인 V20A/태백벼, V20A/남풍벼 및 V20A/청청벼 등 9품종을 작물과학원 시험포장에서 4월 25일에 파종하여 5월 25일에 30×15 cm의 재식밀도에 1주1본씩 이양하였다. 시비량은 N-P₂O₅-K₂O를 11-7-8 kg/10a로 질소는 기비 : 분얼비 : 수비를 5 : 2 : 3으로, 칼리는 기비 : 수비를 7 : 3으로 분시하였으며 인산은 전량 기비로 사용하여 1998~2001년까지 동일한 재배법으로 4개년에 걸쳐 생산하였다. 실험재료는 수분함량이 13% 정도

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6657
(E-mail) khy0238@rda.go.kr <Received February 20, 2007>

Table 1. Rice varieties tested.

Ecotypes	Varieties
Japonica	Yeomyeongbyeo, Jinheung, Chucheongbyeo
Tongil	Taebaegbyeo, Nampungbyeo, Cheongcheongbyeo
Hybrid	V20A/Taebaegbyeo, V20A/Nampungbyeo, V20A/Cheongcheongbyeo

되게 자연건조한 벼를 비중이 1.0이상 되도록 풍선하여 4 kg 씩 종이봉투에 넣어 온습도가 제어되지 않은 저장실에 수확 후 4, 16, 28 및 40개월간 저장하다가 2002년 2월에 봉투내의 시료를 잘 섞은 후 저온저장고(온도 5°C, 상대습도 35%)로 옮겨 3개월간 저장하면서 품종별 3반복으로 분석에 사용하였다.

시료는 분석목적에 따라 정조, 현미, 백미 및 쌀가루를 사용하였는데 현미는 실험실용 현미기(Yanmar, ST 50)로 제현하였고 백미는 현미 130 g을 백미기(McGill miller NO. 2)에서 90초간 도정하였으며 쌀가루는 백미를 제분기(Udy cyclone sample mill)에서 100 mesh 정도로 분쇄해서 사용하였다.

종자 발아율은 반복당 정조 100립을 15°C에서 24시간 침종한 후 32°C에서 7일간 발아한 립수를 조사하였고, 현미 경도는 반복당 완전립 100립을 경도계(Kiya 1.5)를 사용하여 현미를 수직으로 세운 상태에서 하중을 가하여 부서지는 시점의 하중을 kg/cm²으로 표시하였다. 알카리붕괴도는 petri dish에 반복당 백미완전립 20립을 넣어 1.3% KOH용액 10ml를 분주하여 30°C에서 20시간 경과 후 쌀알의 붕괴 정도를 1~7등급으로 구분하여 IRRI 방법으로 조사하였다. 아밀로즈 함량은 요오드 비색정량법(Juliano, 1971)으로, 단백질 함량은 Micro kjeldahl법에 의한 전질소 함량에 쌀의

단백가 5.95를 곱하여 계산하였으며, 전당 함량은 Anthron 방법으로, 환원당 함량은 Somogyi방법으로 정량하였다(주 등, 1991).

결과 및 고찰

분산분석 결과

벼 생태형 3가지에 대하여 4처리의 저장기간에 따른 물리화학적 특성을 조사하여 분산분석한 결과를 표 2에 정리하였다. 종자 발아율은 생태형과 저장기간 및 상호작용에서도 유의성이 인정되었다. 현미의 경도와 아밀로즈 함량은 생태형 간에는 고도로 유의한 차이를 보였으나 저장기간과 상호작용에서 유의성은 인정되지 않았다. 알카리 붕괴도와 전당 함량은 생태형 뿐 아니라 저장기간에 따라 유의한 차이를 보였으나 상호작용은 인정되지 않았다. 단백질 함량과 환원당 함량은 생태형 간에는 차이가 없었으나 저장기간에 따라서는 유의한 차이를 보였다. 전분 함량은 생태형과 저장기간에 따른 차이가 없었다.

종자 발아율

종자 발아율은 저장기간이 길어질수록 낮아지는 경향이었는데(표 3), 자포니카형에서 현저하게 낮아 4개월 저장했

Table 2. ANOVA for physico-chemical properties of rice ecotypes and storage duration of rough rice.

Physico-chemical properties	F-value		
	Ecotypes	Storage duration	Interaction
Seed germination rate	70.874**	35.799**	11.812**
Brown rice hardness	6.031**	1.115	0.967
Alkali digestion value	20.143**	2.817*	0.370
Protein content	2.840	9.456**	1.819
Starch content	1.699	2.518	0.671
Amylose content	85.671**	1.210	1.060
Total sugar content	6.050**	11.640**	0.657
Reducing sugar content	2.459	13.674**	0.354

*, ** : significant at 5 and 1% level, respectively

Table 3. Changes of seed germination rate(%) with storage duration and three rice ecotypes.

Ecotypes	Storage duration(month)			
	4	16	28	40
Japonica	96.0±3.0a [†] a [‡]	66.7±7.2b	2.5±1.8b	0.0±0.0c
Tongil	97.5±2.1a	96.4±2.3a	91.3±8.1a	54.0±7.0b
Hybird	99.6±0.7a	99.2±0.7a	93.8±2.5a	67.9±8.8a

[†]LSD 1% level among ecotypes in the same storage duration.

[‡]LSD 1% level among storage durations in the same ecotype.

을 때의 발아율이 96.0%에서 16개월 저장에서는 66.7%, 28개월 저장에서는 2.5%로 낮아졌고, 40개월 저장에서는 전혀 발아되지 않았다. 한편 통일형과 1대잡종형에서 28개월 저장까지 각각 91.3%와 93.8%로 유의한 차이를 나타내지 않았으나 40개월 저장했을 때 각각 54.0% 및 67.9%로 유의한 차이가 인정되어 장기저장시 1대잡종형이 통일형에 비해 높은 발아율을 유지하는 것으로 나타났다. 이와 같이 저장기간에 따른 벼 생태형간 종자 발아율의 차이가 벼알의 전분구조, 종자의 휴면성, 종자활력을 유지시키는 물질 또는 잡종강세가 종자의 수명에 관여한 결과인지에 대해서는 더 검토되어야 할 것이다.

현미경도

현미의 경도는 정조의 저장기간에 따른 차이는 없었고 생태형별로 유의한 차이를 보였는데(표 2), 본 실험에서는 통일형이 가장 높아 8.5 kg/cm²이었고 자포니카형이 가장 낮은 7.5 kg/cm²이었으며 1대잡종형은 중간인 7.9 kg/cm² 정도였다.(그림 1). 이와 같이 생태형에 따른 경도의 차이는 축

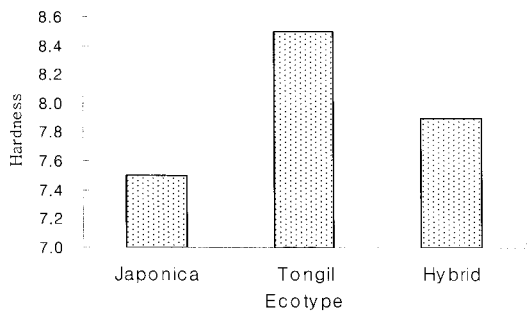


Fig. 1. Difference of hardness (kg/cm²) among three rice ecotypes.

적된 전분조직의 구조적 특성에 기인한 것으로 사료되나 립형 등 관련형질에 대해서는 좀더 정밀한 검토가 요구된다.

알카리 붕괴도

벼 생태형별로 저장기간에 따른 알카리 붕괴도의 변화를 나타낸 것이 그림 2이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 생태형별로는 자포니카형이 가장 높았고 다음이 통일형이었으며 1대잡종형이 가장 낮았다. 1대잡종형과 통일형의 알카리 붕괴도 차이는 1대잡종형 융성불임친 V20A의 유지친인 V20B의 알카리 붕괴도가 3.9정도로 낮은(김 등, 1990) 우성효과(허 등, 1979) 때문이라 생각된다. 한편 저장기간에 따라서는 4개월 저장시 자포니카형, 통일형 및 1대잡종형의 알카리 붕괴도가 각각 4.9, 3.2 및 1.7에서 40개월 저장에서는 5.7, 6.0 및 3.0으로 생태형별로 상대적적인 차이는 있지만 저장기간이 길어짐에 따라 알카리 붕괴도가 높아졌는데, 특히 통일형이 변화가 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 이 등(1993)이 통일형 품종인 삼강벼를 재료로 검토한 결과와 같은 경향이였다.

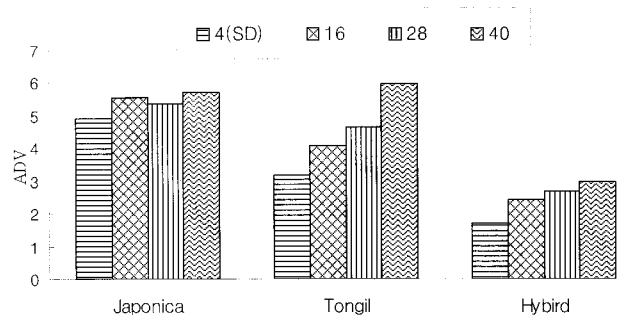


Fig. 2. Alkali digestion value (ADV) of three rice ecotypes by different storage duration from 4 to 40 months. SD : Storage duration (month).

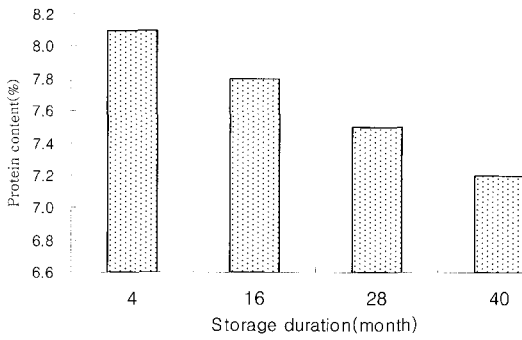


Fig. 3. Average protein contents of three rice ecotypes by different storage duration.

단백질 함량

단백질 함량은 벼 생태형 간에는 유의한 차이가 없었으나 (표 2), 저장기간에 따라서는 4개월 저장시 8.1%에서 16, 28 및 40개월로 저장기간이 길어짐에 따라 단백질 함량은 각각 7.8, 7.5 및 7.2%로 완만하게 감소하였는데(그림 3) 이는 저장기간 중 호흡 등에 의한 소모로 생각되어진다.

아밀로즈 함량

쌀의 아밀로즈 함량은 생태형에 따라 유의한 차이를 보였으나 저장기간에 따른 차이는 없었다(표 2). 생태형간 아밀로즈 함량은 표 4에서 보는바와 같이 자포니카형과 통일형에서는 차이가 없었으나 이들 두 생태형에 비해 1대잡종형의 아밀로즈 함량이 유의하게 높았다. 이것은 1대잡종형의 모본 V20A의 유지친인 V20B의 아밀로즈 함량이 25%(김 등, 1990) 정도로 높은데, 아밀로즈 함량이 높은 것이 우성(허 등, 1976)으로 작용한 결과라 판단된다. 생태형별로는 자포니카형에서 저장기간이 길어질수록 아밀로즈 함량이 낮아지는 경향이었으나 통계적인 차이는 없었으며 통일형과 1대잡종형에서는 일정한 경향이 없었다. 이러한 경향은 이 등(1993)의 벼 저장기간이 길수록 아밀로즈 함량이 낮아진다는 보고와 한 등(1975)과 김 등(1980)의 높아진다는 보

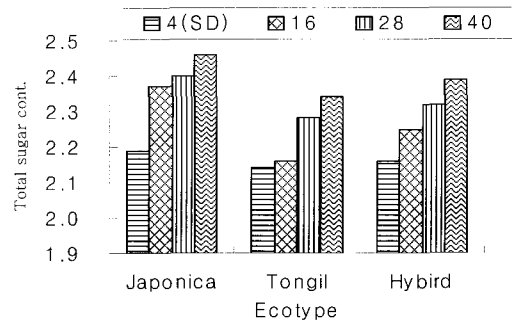


Fig. 4. Total sugar content (%) of three rice ecotypes by different storage duration. SD : Storage duration (month)

고와는 다른 결과로서 이는 실험재료, 저장조건 및 저장기간의 차이 등에서 기인된 결과라 생각된다.

당 함량

전당 함량은 벼 생태형뿐만 아니라 저장기간에 따라 유의한 차이를 보였으나, 환원당 함량은 생태형 간에는 차이가 없었고 저장기간에는 유의한 차이를 나타내었다.(표 2). 생태형별 3품종의 평균 전당 함량을 그림 4에서 보면 자포니카형이 가장 높았고 1대잡종형, 통일형의 순이었으며, 저장기간이 길어짐에 따라서는 생태형에 관계없이 완만히 증가하는 경향을 보였다.

생태형별 당 함량을 평균하여 전당 함량과 환원당 함량으로 구분하여 저장기간에 따른 변화를 나타낸 것이 표 5인데, 환원당 함량도 전당 함량의 변화와 같이 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향이였으나 저장 28개월 이내에는 증가폭이 컸고 그 이후에는 완만하였다.

전당 함량에 대한 환원당 함량의 비율은 4개월 저장의 12.6%에서 16, 28, 40개월로 저장기간이 길어짐에 따라 각각 28, 40.8, 48.5%로 증가하였는데 저장기간이 길어질수록 전당 함량의 증가량 보다는 환원당 함량의 증가량이 많았다. 이와 같은 결과는 이 등(1991)의 1년 저장미 환원당 함

Table 4. Changes of amylose content (%) with storage duration and three rice ecotypes.

Ecotypes	Storage duration (month)			
	4	16	28	40
Japonica	19.7±1.8b [†]	19.6±1.4b	19.1±1.3b	18.8±1.8b
Tongil	18.9±1.0b	19.8±1.3b	19.0±0.7b	20.3±1.3b
Hybird	25.9±1.0a	25.0±1.8a	23.9±1.1a	25.5±0.6a

[†]LSD 1% level among ecotypes in the same storage duration.

Table 5. Changes of average total sugar content (%), reducing sugar content (%) and ratio of R/T of the milled rice of three ecotypes with storage duration.

Designation	Storage duration(month)			
	4	16	28	40
Total sugar (T)	2.14±0.1c	2.25±0.1b	2.33±0.1a	2.39±0.1a
Reducing sugar (R)	0.27±0.3c	0.63±0.5b	0.95±0.4a	1.16±0.2a
Ratio of (R/T), %	12.6	28.0	40.8	48.5

량이 0.31%이고 4년 저장에서는 0.68%로 증가한다고 보고한 결과와 같은 경향이었으나, 환원당 함량면에서 차이를 보이는 것은 재료와 저장환경조건이 다르기 때문인 것으로 판단된다.

적 요

저장기간이 벼 생태형에 따라 미립 특성에 영향을 미치는 정도를 검토하기 위하여 자포니카형, 통일형 및 통일형에서 유래된 1대잡종형의 정조를 4~40개월간 외부환경이 제어되지 않은 종자 저장실에 저장하여 저장기간에 따른 물리화학적 특성 변화에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 종자 발아율은 저장기간이 길어짐에 따라 낮아졌는데 자포니카형은 16개월 저장시 66.7%, 28개월 저장시 2.5%로 크게 떨어졌고 40개월 후에는 전혀 발아되지 않았으며, 통일형과 1대잡종형은 28개월까지는 뚜렷한 차이가 없었으나 40개월에는 각각 54.0% 및 67.9%로 발아율의 차이를 보였다.

2. 현미 경도는 통일형, 1대잡종형, 자포니카형의 순서로 높았으며 저장기간에 따른 유의한 차이는 없었다.

3. 알카리 붕괴도는 저장기간이 길어짐에 따라 증가하는 경향이었으며, 단백질 함량은 완만하게 감소하였고, 아밀로즈 함량은 일정한 경향이 없었다.

4. 전당 함량과 환원당 함량은 저장기간이 경과함에 따라 증가하였는데 저장 28 개월 이내에서 증가폭이 컸고 그 이후는 완만한 증가를 보였다.

5. 전당 함량에 대한 환원당 함량의 비율은 저장기간이 길수록 전당 함량보다는 환원당 함량의 증가가 많아서 비율이 높아졌다.

인용문헌

한동석, 민용규, 한판주, 김영상, 이재용. 1975. 통일벼 저장에 관한 연구. 농시연보. 17(농공):29-38.

한판주, 김영배, 박남규, 이병영, 민용규, 김영상. 1979. 미곡의 밀적밀폐식 저장방법에 관한 연구. 농시연보. 21(농공) : 31-37.

한판주, 김영상, 민용규. 1976. 수도 신품종 통일의 저장성 연구. 한식과지. 8(3): 136-140.

허문회, 박순직. 1976. II. 응성불임성을 이용한 교배종자의 Amylose 함량. 서울대 농학연구. 1(1):39-46.

허문회, 박순직. 1979. 쌀 배유의 Alkali 붕괴성의 유전. I. 고저 Alkali 붕괴성 조합에서 잡종종자(F1)의 Alkali 붕괴성의 표현과 그 유전분리. 한육지. 11(3):196-200.

주현규, 조광연, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조. 1991. pp. 181-264. 식품분석법. 서울. 유림문화사.

Juliano, B. O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. 16 : 334-360.

김홍열, 허문회. 1990. 응성불임성을 이용한 수도 잡종품종 개발. VIII. 통일형 세포질 응성불임계통의 육성 및 육성계통의 조합능력. 한육지. 22(2) : 113-125.

김영배, 이병영, 박남규, 한판주. 1980. 미곡의 농가 간역저장 방법에 관한 연구. 농시연보. 22(농기) : 18-24.

권용웅, 전우방. 1991. 벼의 저장에 있어서 저장기간, 창고등급 및 도정도가 밥맛에 미치는 영향. 한작지. 36(3) : 271-279.

이병영, 김영배, 손종록, 윤인화, 한판주. 1991. 미곡의 저장기간에 의한 품질특성 변화. 한국농화학회지. 34(3) : 262-264.

이인근, 김광호, 최해춘. 1993. 장기저장한 벼 종실의 이화학적 특성변화. 한작지. 38(6) : 524-530.

농촌진흥청. 1998. 한국의 농업주요지표. 경영상담자료 제37호.