

종자은행 보존 벼 유전자원의 생태형별 종자수명

나영왕* · 최유미** · 백형진** · 이석영** · 강정훈** · 김석현***†

*농촌진흥청 연구정책국, **농촌진흥청 국립농업과학원, ***경상대학교 농업생명과학대학

Seed Longevity of Rice Germplasm in the National Agrobiodiversity Center

Young-Wang Na*, Yu-Mi Choi**, Hyung-Jin Baek**, Sok-Young Lee**,
Jung-Hun Kang**, and Seok-Hyeon Kim***†

*Research Policy Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 560-500, Korea

**National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 565-851, Korea

***College of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT The purpose of this study was to know the seed longevity of rice (*Oryza sativa* L.) germplasm for effective viability monitoring. The longevity was determined via germination tests of 3,066 accessions of rice germplasm from the National Agrobiodiversity Center, Rural Development Administration, Korea. The rice germplasm accessions have been conserved at a mid-term storage (4°C, 30% RH) in plastic bottle containing dehydrated (blue) silica-gel and long-term storage (-18°C, 35% RH) in hermetically sealed metal can on either sides for 25~26.5 years. The final germination percentages of 3,066 rice germplasm accessions of 6.5±1.0% seed moisture content with 94% initial germination stored at 4°C for 26.5 years declined to 47% while at -18°C for 25 years maintained high germinability as 93%. Germination time courses, which represent the average performance of rice ecotypes stored at 4°C and 30% RH, were fitted regression equation, to calculate the time at which germination characteristically declined to 50% (P₅₀). These P₅₀ values of Indica, Japonica, Javanica and Tongil type in rice were 39.9, 22.9, 25.4 and 31.8 years, respectively. The rice germplasm stored at 4°C could be clustered in 4 groups using quartile of final germination after 26.5 years storage. The seed longevity (P₅₀) of each group was estimated by regression equation of changed germination percentages according to storage periods. The P₅₀ values of group I, group II, group III and group IV were 21.1, 23.6, 30.0 and 75.7 years.

Keywords : seed longevity, viability monitoring, genebank, germplasm, rice

농업식물유전자원이란 현재는 물론 미래의 농업 및 식량생산에 사용되는 유용한 유전소재로서 보존가치가 있는 종자, 미생물, 곤충 등의 생물체를 총칭한다. 이러한 유전자원은 인류의 유산으로서 식량안보, 영양공급, 소득증대, 질병퇴치와 환경보전 등 현재와 미래 세대의 복지를 위해 꼭 필요하며, 이를 위해 보존과 지속적 활용이 국제적인 관심사이다. 농촌진흥청은 유전자원의 중요성을 인식하여 1980년에 유전자원 저장시설을 건립하여 분산되어 관리되었던 농업식물유전자원을 통합관리하게 되었다.

FAO (1998)에 따르면 전 세계적으로 1970년대 말까지 약 54개소의 종자은행에 10만점을 보존하였던 것이 1996년에는 615개소에 1,320만점을 보존함으로써 20년 사이에 종자은행수는 11배가 증가하였고, 보존자원수는 무려 132배가 증가하였다. 2008년에는 650개소의 종자은행에서 1,400만점의 자원을 보존하고 있다. 이는 유전자원이 국가의 자산임을 인식하고 각 국가별로 다양한 유전자원을 수집 보존한 결과라 하겠다.

종자의 수명은 식물종간 유전적 차이에 의해 평균 수명이 달라지며, 같은 종이라도 품종별로 퇴화속도가 다르고, 같은 품종이라도 재배환경 및 채종 후 저장 직전까지 처한 환경에 따라 저장성이 다르다(Ellis *et al.*, 1992; Rao & Jackson, 1996), 한 개체에서 수확한 종자라도 개개 종자에 따라 저장력이 다를 수 있다. 그렇기 때문에 종자은행에서 모든 보존자원을 대상으로 일정 주기별로 활력모니터링을 실시하는 것은 비용과 시간뿐만 아니라 보존 종자의 소모가 많아

†Corresponding author: (Phone) +82-55-772-1871 (E-mail) seedvigor@hotmail.com

<Received 28 May, 2014; Revised 21 July, 2014; Accepted 29 July, 2014>

진다는 지적이 나오고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 최근에는 식물종별 저장조건에 따른 종자수명에 따라 차별적으로 활력모니터링을 실시하여 자원 관리비용을 줄이고자 하는 방향의 연구가 진행되고 있다.

농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터의 4°C 저장고와 -18°C 저장고에 보존하고 있는 벼 유전자원의 저장기간에 따른 활력의 변화를 살펴 종자수명을 알아보고, 벼 생태형별 저장력을 규명하여 종자은행에서 보다 효율적인 식물 종자유전자원 활력모니터링을 실시할 수 있도록 하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

공시재료는 1980년 수원 작물시험장 유전자원 특성검정 시험포장에서 재배하여 수확된 벼 유전자원으로 수원에 위치하는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터의 -18°C 및 4°C 저장고에 각각 보존되어있는 벼 유전자원 3,066점이다. 벼 유전자원은 -18°C 저장고에서 양철캔에 밀봉된 후 저장되어져 왔으며, 4°C 저장고에 보존된 자원은 실리카겔 2팩(10 g)이 들어있는 투명 플라스틱병에 저장되어져 왔다. 4°C 저장고에 보존되었던 벼 유전자원의 종자수분함량은 6.5±1.0%였다(Table 1).

1980년 이후 현재까지 벼 유전자원의 저장환경은 세 차례에 걸쳐 바뀌었다. 연도별 저장환경을 살펴보면 1980년부터 1988년까지는 -10°C, 상대습도 30%의 저장고와 -1°C, 상대습도 30%의 저장고가 운영 되었고, 1989년부터 2006년까지는 -18°C, 무상(無霜)조건인 저장고와 4°C, 상대습도 35%의 저장고가 운영 되었으며, 2007년부터 지금까지 -18°C, 상대습도 35%의 저장고와 4°C, 상대습도 30%의 저장고가 운영되고 있다.

보존 중인 벼 유전자원의 활력모니터링을 위해 저장고에서 일정량의 종자를 종이봉투에 담아 실온으로 옮겨와 1일간

두었다가 발아검사를 실시하였다. 발아검사는 ISTA (1999)의 ‘International Rules for Seed Testing’에 따라 between paper (BP) 방식으로 50립씩 4반복으로 25°C 항온실에서 실시하였다. 치상 후 5일째에 최초 조사를, 14일째에 최종 조사를 실시하여 최종 조사까지 정상적으로 발아된 입수의 백분율을 발아율로 계산하였다.

벼 유전자원의 종자수명(P₅₀)은 발아율이 50%수준으로 떨어지는데 걸리는 기간으로 정하였다. 벼 생태형별 종자수명 계산은 최초발아율, 보존 16년 후 발아율과 26.5년 후 발아율 각각의 평균값으로 Microsoft Excel 2010 프로그램 (Microsoft, 2010)을 이용하여 그래프를 그리고 추세선에 따른 회귀방정식을 이용하였다. 또한 전체 자원의 최종발아율을 대상으로 Microsoft Excel 2010 프로그램 통계함수인 사분위수(quartile)를 이용하여 종자 저장력에 따른 4개 분류군으로 구분하고 이들 분류군별 종자수명도 생태형별 종자수명 계산과 같은 방식으로 구하였다.

결과 및 고찰

벼 유전자원의 종자수명을 알아보기 위해 농촌진흥청 국립농업과학원 농업유전자원센터의 4°C 저장고와 -18°C 저장고에 보존되어있는 벼 유전자원 3,066점을 발아검사 하여 활력 저하 정도를 살펴보았다.

저장 조건에 따른 벼 유전자원의 종자수명

-18°C 저장고에 보존된 벼 유전자원의 발아검사는 수확 후 25년이 경과되었는데 평균발아율이 93%로 저장 초기의 발아율 94%와 차이가 없었으나, 4°C 저장고에서 26.5년 간 보존된 벼 유전자원의 평균발아율은 47%로 초기 발아율의 50% 수준으로 활력이 저하되었다(Table 2).

농업유전자원센터의 종자은행에 25년 이상 보존된 벼 유전자원의 활력검정을 통해 실질적인 종자수명을 살펴본 결과 4°C 저장고 보존자원은 평균 수명(P₅₀)이 25년 내외가

Table 1. Ecotype of 3,066 rice germplasm accessions tested in this study.

Ecotype	No. of accessions	Initial germination (%)
Indica	1,060	95±4.3 [†]
Japonica	1,826	94±4.3
Javanica	101	94±4.2
Tongil	51	96±3.8
Unknown	28	92±3.9
Total	3,066	94±4.3

[†]mean ± standard deviation.

Table 2. Changes in germination of seeds of 3,066 rice germplasm accessions stored at 4°C, 30% RH for 26.5 years and -18°C, 35% RH for 25 years in the National Agrobiodiversity Center, RDA.

Before	After storage at	
	4°C for 26.5 years	-18°C for 25 years
94±4.3 [†]	47±36.1	93±9.3

[†]mean ± standard deviation.

될 것으로 판단된다. -18°C 저장고 보존자원은 25년이 경과한 시점에서 초기 발아율과 유의한 차이가 없이 높은 활력을 유지하였다. 종자수분함량이 1%씩 감소함에 따라 종자의 수명은 두 배가 되며, 저장온도가 5°C씩 감소함에 따라 종자의 수명이 두 배가 된다는 Harrington (1973)이 제안한 두 가지 종자저장원칙을 적용하면, -18°C 저장고에 보존된 벼 유전자원의 수명은 4°C 저장고의 종자수명의 4배 이상인 100년 정도로 추정된다.

미국의 National Plant Germplasm System (NPGS)은 종자은행(초기에는 5°C로 운행하였다가 1978년부터 -18°C로 전환)에 보존된 276종 42,000점의 유전자원 활력모니터링 자료를 분석하여 종별 종자수명을 결정하였다(Walters *et al.*, 2005). 벼의 경우 84점의 자원을 대상으로 활력모니터링 성적을 분석한 결과 종자수명이 34년이 된다고 하였으며, Ellis (1988)의 생존능력방정식(viability equation)으로 예측한 벼의 종자수명은 46년이라고 보고한 바 있다.

종자은행에 보존된 벼 유전자원의 저장환경과 저장기간에 따른 자원들의 발아율 빈도 분포를 Fig. 1에 나타내었다. -18°C 저장고에 보존된 자원들은 25년간 보존 후 최종발아율이 81% 이상인 자원들이 총 3,066점 중 2,878점으로 전체 자원의 94%에 해당하는 자원들이 높은 활력을 유지하였다. 4°C 저장고에 보존된 자원들은 16년간 보존 후의 발아율이 81% 이상인 자원들은 2,468점으로 전체 자원의 80%에 해당하는 자원들이 높은 활력을 유지한 반면, 26.5년 보존 후의 발아율에 따른 자원의 빈도분포를 보면 발아율 50%를 중심으로 양분되는 경향을 보였다. 이는 각 자원별로 종자수명 특성이 뚜렷하게 구분됨을 의미한다.

Table 2와 Fig. 1에서 보면 4°C 저장고에 26.5년간 저장한 자원들의 평균 발아율은 47%로 나타났으며 표준편차가

36.1로 상당히 높은 변이를 보여준다. 그래서 벼의 생태형인 인디카형, 자포니카형, 자바니카형 및 인디카형과 자포니카형의 교배종인 통일형 간의 활력 저하의 정도를 비교하였다(Fig. 2).

벼 유전자원의 생태형별 종자수명

1980년 수원 작물시험장 유전자원 증식 포장에서 재배하여 수확한 벼 유전자원 3,066점을 생태형으로 구분해보면 인디카형 1,060점, 자포니카형 1,826점, 자바니카형 101점, 통일형 51점과 품종형 구분이 안 된 자원이 28점이었다. 이들 벼 유전자원의 보존 당시 발아검사된 평균발아율은 인디카형 자원이 95%였으며, 자포니카형, 자바니카형 및 통일형 자원들의 평균발아율은 각각 94%, 94%, 96%로 높은 활력을 나타내었다.

이들 자원을 4°C 저장고에 26.5년간 보존 후 발아검사를 실시한 바, 인디카형 자원들의 평균발아율은 83%로 최초 발아율에 비해 12% 활력저하가 이루어진 반면, 자포니카형 자원들의 최종발아율은 26%로 현저한 활력저하를 나타내었다. 자바니카형 및 통일형 벼 자원들의 26.5년 보존 후 평균발아율은 각각 45%, 71%로 저하되었다(Fig. 2).

4°C 저장고에 보존된 벼 유전자원의 품종형별 종자저장력은 인디카형 자원이 가장 좋았으며, 통일형, 자바니카형 순으로 저장력이 약해졌으며, 자포니카형 자원들의 종자저장력이 현저하게 약함을 알 수 있었다.

본 연구의 결과는 벼의 생태형에 따라 종자수명 특성이 본질적으로 다르며 인디카형 벼가 자포니카형에 비해 뚜렷하게 긴 종자수명 특성을 가지며, 자바니카형 벼도 자포니카형에 비해 대체로 종자수명이 길다는 보고(Chang, 1991;

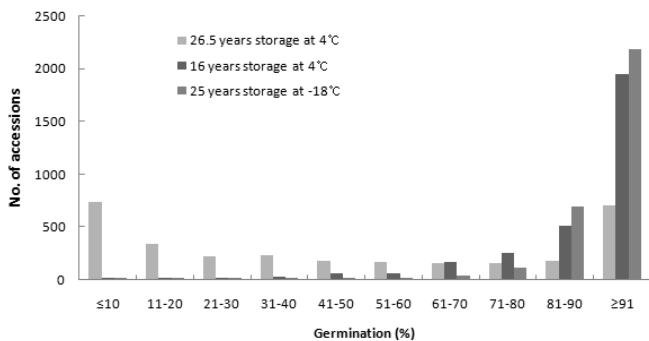


Fig. 1. Frequency distribution of germination of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH and -18°C, 35% RH in the National Agrobiodiversity Center, RDA. Total number of tested rice germplasm accessions was 3,066.

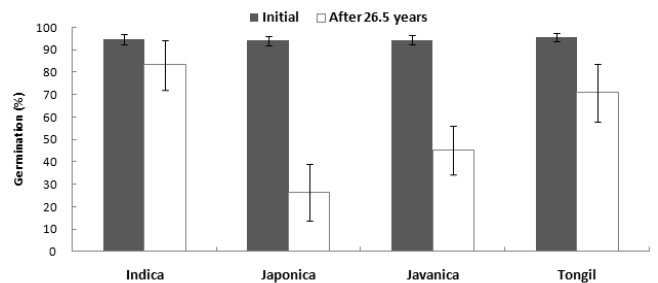


Fig. 2. Variation of seed viability of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH in the National Agrobiodiversity Center, RDA for 26.5 years. The accessions were harvested at Suwon in 1980. (Indica type; 1,060 acc., Japonica type; 1,826 acc., Javanica type; 101 acc., Tongil type; 51 acc.). Vertical bars represent standard deviations of the means.

Ellis *et al.*, 1992; Rao & Jackson, 1996)와 같은 결과를 확인할 수 있었다.

Lee *et al.* (2006)은 통일형 벼의 종자수명이 자포니카형 벼보다 길다고 하였는데, 이 결과는 본 연구의 결과와 같은 경향을 나타내는 것이다. 통일형 벼는 인디카형 벼의 종자수명 특성과 유사한 경향을 보였다.

4°C 저장고에 보존 중인 벼 유전자원의 활력모니터링 결과를 생태형인 인디카형, 자포니카형, 자바니카형 및 통일형의 보존기간에 따른 활력변화는 Fig. 3과 같다. 보존 후 16년과 26.5년이 경과한 시점에서 발아율 80% 이하로 저하된 자원들의 비율을 살펴보면 인디카형 벼의 경우 보존 후 16년이 경과한 시점에서 전체의 9.2% (n=97), 26.5년이 경과한 시점에서는 27.3% (n=289)의 자원이 해당되었다. 자포니카형 벼 자원들은 저장 후 16년이 경과한 시점에서 24.9% (n=452), 26.5년이 경과한 시점에서는 95.7% (n=1,746)의 자원이 발아율 80% 이하로 떨어졌다.

열대성 자포니카형으로 알려진 자바니카형은 저장 후 16

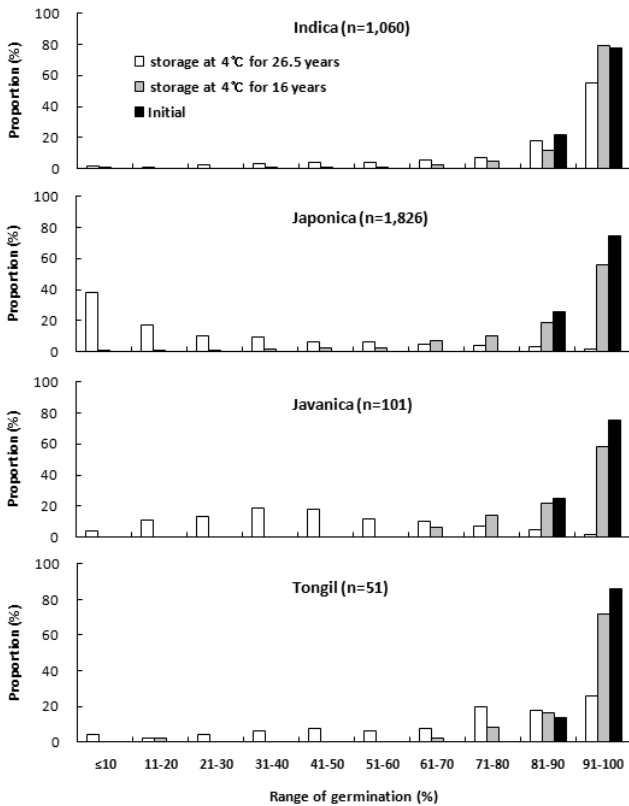


Fig. 3. Proportion distribution of germination percent of rice germplasm accessions stored at 4°C, 30% RH for 16 and 26.5 years in the National Agrobiodiversity Center, RDA.

년이 경과한 시점에서 20% (n=20), 26.5년이 경과한 시점에서는 93.1% (n=94)의 자원이 발아율 80% 이하로 떨어졌다. 통일형 벼의 경우 저장 후 16년이 경과한 시점에서 12.0% (n=6), 26.5년이 경과한 시점에서는 56.9% (n=29)의 자원이 발아율 80% 이하로 저하되었다.

벼 생태형별로 최초발아율과 보존 기간에 따른 평균발아율을 근거로 추세선을 그려 회귀방정식을 구하여 생태형별 4°C 저장고 보존 시 평균 종자수명을 구하였다(Fig. 4, Table 3). 종자수명(P_{50})은 발아율이 50%까지 저하되는데 걸리는 기간으로 Fig. 4에서 도출된 회귀방정식의 y값이 50이 되는 x값으로 구하였다. 인디카형 벼 자원의 보존 기간에 따른 활력저하를 나타내는 추세선의 회귀방정식은 다음과 같다.

$$y = -0.0495x^2 + 0.8782x + 93.778$$

이때, y는 최종발아율이고, x는 보존기간이다. 인디카형 벼 자원의 평균 종자수명(P_{50})은 회귀방정식의 y값이 50이 되는 x값인 39.9년으로 예측되었다. 자포니카형 벼 자원들의 평균 종자수명은 회귀방정식 $y = -0.231x^2 + 3.5316x + 90.774$ 에 따라 22.9년으로 예측되었다.

자바니카형 벼 자원들의 평균 종자수명은 회귀방정식 $y = -0.1783x^2 + 2.8554x + 91.615$ 에 따라 25.4년으로 예측되었다.

통일형 벼 자원들의 평균 종자수명은 회귀방정식 $y = -0.0827x^2 + 1.2405x + 94.528$ 에 따라 31.8년으로 예측되었다. 지금까지의 벼 종자수명에 관한 연구들은 종 수준에서 종자 수분함량 및 저장온도에 따른 고온 저장시험을 통해 수명을

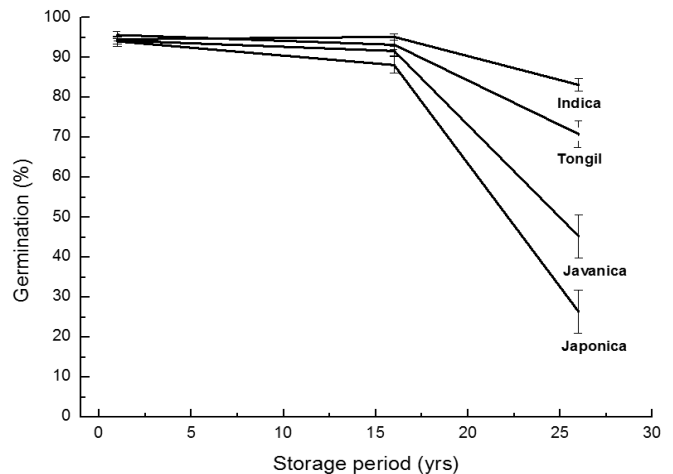


Fig. 4. Changes of seed germination percentage for different ecotypes of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH. Vertical bars represent standard deviations of the means.

Table 3. Percentage of mean germination and estimating seed longevity (P_{50}) of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH by multiple regression analysis.

Ecotype	Storage period (years)			P_{50} (years)	Regression equation
	Initial	16	26.5		
Indica	95 ^{at}	95 ^a	83 ^a	39.9	$y = -0.0495x^2 + 0.8782x + 93.778$
Japonica	94 ^a	88 ^b	26 ^d	22.9	$y = -0.231x^2 + 3.5316x + 90.774$
Javanica	94 ^a	92 ^{ab}	45 ^c	25.4	$y = -0.1783x^2 + 2.8554x + 91.615$
Tongil	96 ^a	93 ^a	71 ^b	31.8	$y = -0.0827x^2 + 1.2405x + 94.528$

[†]In a column, means followed by a same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

예측하였거나, 생태형간의 저장력에 차이가 있으며, 인디카형 벼가 자포니카형 벼보다 저장력이 우수하다는 결과를 얻었는데, 본 연구와 같이 실제 4°C 저장고에 26.5년간 보존되어 온 많은 자원을 대상으로 분석한 자료로 생태형간의 평균 종자수명을 구한 것은 처음이다. 본 자료는 종자은행에서 자원의 갱신시점을 예측하는 지표로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

벼 생태형간 보존 26.5년 후의 발아율을 살펴보면 같은 품종군내에서도 최종발아율의 차이가 0~100% 사이로 크게 나타난다. 이러한 원인은 같은 종내 또는 품종내에서도 재배환경, 수확시기 및 채종 후 저장 직전까지 처한 환경에 따라 종자수명이 다르기(Ellis & Roberts, 1981; Ellis *et al.*, 1992; Rao & Jackson, 1996) 때문인 것으로 사료된다. 종자의 발육 중에 받는 환경적 스트레스 중 N, K, Ca와 같은 영양분의 부족(Harrington, 1960), 물 부족(Haferkamp *et al.*, 1953), 온도 이상(Justice & Bass, 1978)등은 종자의 수명을 감소시킨다고 하였다. 미성숙 종자와 한 품종 내에서 상대적으로 작은 종자는 성숙종자나 한 품종내에서 종자 크기가 평균 이상으로 큰 종자에 비해 저장력이 약하다고(Wien & Kueneman, 1981; Minor & Paschal, 1982) 하였는데, 본 시험의 재료는 1980년에 재배, 수확한 것으로 당해의 기상조건이 7월말부터 기온이 급격히 하강하여 평균기온이 예년에 비하여 2°C 전후가 낮은 냉해현상을 나타내었다고 한다. 전 세계로부터 수집, 도입된 자원들 중 만생종 품종의 경우 출수지연과 간장 단축, 입중 감소 및 입성저하가 나타났다고 하였는데(Crop Experiment Station, 1984), 이들 자원 중 일부가 초기 발아율은 85%이상 높게 나타났으나 충실도가 낮은 종자인 경우 벼 생태형별 평균 종자수명에 못 미치는 자원이 발생하였을 것으로 사료된다.

종자의 보존 직전까지의 여러 가지 조건이 종자수명에 영향을 끼치므로 4°C 저장고에 26.5년간 보존된 자원의 최종 발아율 성적 전체를 대상으로 사분위수를 이용하여 종자의 저장력 정도를 4개의 분류군으로 나누었다(Table 4).

Table 4. Groups of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH using quartile of final germination after 26.5 years storage of seed. The values of each quartile were 12%(1st quartile), 42%(2nd quartile) and 86%(3rd quartile).

Group	Range of germination (%)	No. of accessions	Germination (%)
I	0~12	834	5±4.1 [†]
II	13~42	722	27±8.8
III	43~86	756	65±13.4
IV	87~100	754	96±3.8

[†]mean ± standard deviation.

26.5년간 보존된 3,066점의 벼 유전자원의 최종발아율을 Microsoft Excel의 QUARTILE 함수를 이용하여 사분위수를 구한바, 자료를 작은 수부터 큰 수까지 나열했을 때 자료의 25%에 해당되는 값인 제 1사분위수(1st quartile)의 값은 12였으며, 자료의 중앙값인 제 2사분위수(2nd quartile, Median)의 값은 42, 자료의 75%에 해당되는 값인 제 3사분위수(3rd quartile)의 값은 86이었다. 이들 사분위수와 최종발아율의 최소값과 최대값의 사이 값으로 4개의 분류군으로 나누었다. 이때 I 군은 최종발아율의 최소값과 1사분위수의 사이 값인 0~12%에 해당하는 자원으로 이루어졌다.

I 군에 속하는 벼 유전자원은 834점으로 평균 발아율이 5%로 아주 낮았다. II 군은 전체 최종발아율 자료 중 13~42%에 해당하는 발아율을 가진 자원으로 이루어졌다. II 군에 속하는 자원은 722점으로 평균 발아율은 27%였다. III 군은 최종발아율이 43~86%에 해당하는 자원으로 756점이 여기에 속하였으며, 평균 발아율은 65%이며, 표준편차가 13.4로 4개의 분류군 중 가장 컸다. IV 군은 최종발아율이 87~100%에 해당하는 자원으로 754점이 여기에 속하였으며, 평균 발아율은 96%였다.

4개의 분류군 중 I 군과 IV 군에 해당하는 자원의 발아율

범위가 좁았는데 그 이유는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 발아율의 최소값과 최대값 부분인 양쪽 끝 부분에 해당하는 값에 많은 자원들이 몰려있었기 때문으로 해석된다.

26.5년간 보존된 벼 유전자원의 최종발아율을 사분위수를 이용하여 나눈 분류군으로 보존 기간에 따른 평균발아율을 근거로 추세선을 그려 회귀방정식을 구하여 분류군별 4°C 저장고 보존 시의 평균 종자수명을 예측하였다(Fig. 5, Table 5). 종자수명(P_{50})은 발아율이 50%까지 저하되는데 걸리는 기간으로 Fig. 5에서 도출된 회귀방정식의 y값이 50이 되는 x값으로 구하였다.

I 군에 속하는 벼 유전자원의 보존 기간에 따른 활력저하 추세선에 해당하는 회귀방정식은 다음과 같다.

$$y = -0.2375x^2 + 2.9718x + 93.02$$

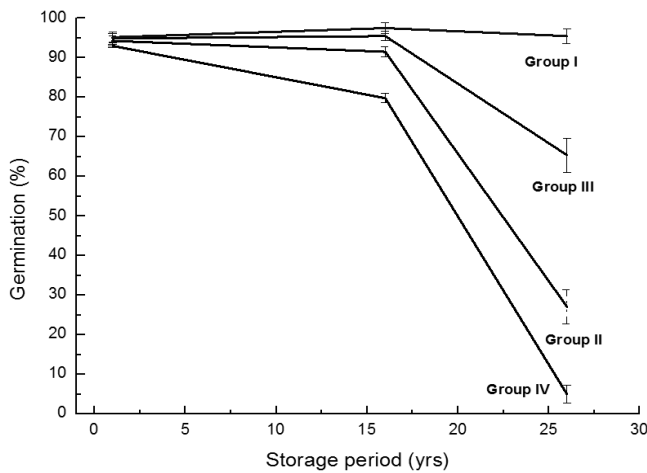


Fig. 5. Changes of seed germination percent of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH according to groups divided quartile of final germination. Groups I ~ IV are shown in Table 4. Vertical bars represent standard deviations of the means.

이때, y는 최종발아율이고, x는 보존기간이다.

I 군에 속하는 벼 자원의 평균 종자수명(P_{50})은 회귀방정식의 y값이 50이 되는 x값인 21.1년으로 예측되었다. II 군에 속하는 벼 자원들의 평균 종자수명은 회귀방정식 $y = -0.2247x^2 + 3.4204x + 94.272$ 에 따라 23.6년으로 예측되었다. III군에 속하는 벼 자원들의 평균 종자수명은 회귀방정식 $y = -0.1099x^2 + 1.7993x + 94.885$ 에 따라 30년으로 예측되었다. IV군에 속하는 벼 자원들의 평균 종자수명은 회귀방정식 $y = -0.0124x^2 + 0.3421x + 95.188$ 에 따라 75.7년으로 예측되었다.

각 분류군들의 초기발아율, 16년 보존 후 발아율, 26.5년 보존 후 발아율 자료로 분산분석을 통해 유의성을 검정한 바, 16년 보존 및 26.5년 보존 후의 각 분류군별 평균발아율은 유의한 차이($p < 0.0001$)를 보였으며, 최초 발아율에 있어서도 분류군의 III군과 IV군은 유의적 차이가 없었지만, II군과 I군은 최초발아율의 유의한 차이가 있었다. 즉 장기간 보존된 자원의 최종발아율이 낮은 자원들은 최초발아율도 낮았으며, 벼 유전자원에 있어 인위적으로 저장환경이 조절된 저장고에 보존하는 종자라도 자원(품종)의 특성에 따라 종자수명에 상당한 차이가 있으며, 4°C, 상대습도 30% 조건의 저장고에 보존 시 길게는 50년 이상의 종자수명 차이가 생김을 알 수 있었다.

차후 벼의 품종 특성 중 어떤 형질이 종자수명에 영향을 미치는지에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

적 요

농업유전자원의 효율적인 활력 모니터링을 위해 벼의 종자수명을 밝히고자 농촌진흥청 농업유전자원센터에 보존 중인 3,066점의 발아율을 조사하였다. 조사 대상인 벼 종자는 4°C, 상대습도 30%의 저장고에 플라스틱병에 보관한 것과 -18°C, 상대습도 35%의 저장고에 양철캔에 담아 진공포

Table 5. Percent of mean germination and estimating seed longevity (P_{50}) of rice germplasm stored at 4°C, 30% RH by multiple regression analysis.

Group [†]	Storage period (years)			P_{50} (years)	Regression equation
	Initial	16	26.5		
I	93 ^{c‡}	80 ^d	5 ^d	21.1	$y = -0.2375x^2 + 2.9718x + 93.020$
II	94 ^b	92 ^c	27 ^c	23.6	$y = -0.2247x^2 + 3.4204x + 94.272$
III	95 ^a	96 ^b	65 ^b	30.0	$y = -0.1099x^2 + 1.7993x + 94.885$
IV	95 ^a	98 ^a	96 ^a	75.7	$y = -0.0124x^2 + 0.3421x + 95.188$

[†]Groups I ~ IV are shown in Table 4.

[‡]In a column, means followed by a same letter are not significantly different at 5% level by Duncan's Multiple Range Test.

장하여 25년 이상 보존해 온 것이다. 서로 다른 저장 조건에서 보관된 벼의 생태형별 저장기간에 따른 발아율 분석으로 종자수명을 계산한 결과는 다음과 같다.

저장 초기 평균 종자수분함량이 $6.5 \pm 1.0\%$ 이고 발아율이 94%였던 벼 유전자원을 4°C 저장고에 26.5년 보존 후 발아율은 47%로 저하된 반면, -18°C 저장고에 25년 보존된 것은 발아율 93%로 높은 활력을 유지하고 있었다.

4°C 저장고에 보관된 벼 유전자원의 생태형별 종자수명 (P_{50})은 인디카형 39.9년, 통일형 31.8년, 자바니카형 25.4년, 자포니카형 22.9년으로 나타났다. 벼 유전자원의 최종 발아율을 사분위수로 4개의 분류군으로 나누어 종자수명을 예측한바 I 군은 21.1년, II 군은 23.6년, III 군은 30년, IV 군은 75.7년으로 나타나 자원의 특성에 따라 50년 이상의 저장력 차이가 있음을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호 PJ006836)의 지원으로 수행된 결과이며, 이에 감사 드립니다.

인용문헌(REFERENCES)

- Chang, T. T. 1991. Findings from a 28-yr seed viability experiment. *International Rice Research Newsletter* 16:5-6.
- Crop Experiment Station, O.R.D. 1984. *Catalog of Rice Cultivars and Breeding Lines (Oryza sativa L.) Collected by ORD, Korea (Part 2)*.
- Ellis, R. H. 1988. The viability equation, seed viability nomographs, and practical advice on seed storage. *Seed Sci. & Technol.* 16 : 29-50.
- Ellis, R. H., T. D. Hong, and E. H. Roberts. 1992. The low-moisture-content limit to the negative logarithmic relation between seed longevity and moisture content in three subspecies of rice. *Ann. Bot.* 69 : 53-58.
- FAO, 1998. *The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. FAO, Rome, Italy. p. 98.
- Haferkamp, M. E., L. Smith, and R. A. Nilan. 1953. Studies on aged seeds. I. Relation of age of seed to germination and longevity. *Agron. J.* 45 : 434-437.
- Harrington, J. F. 1960. Germination of seeds from carrot, lettuce and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. *Hilgardia*. 30(1) : 219-235
- Harrington, J. F. 1973. Biochemical basis of seed longevity. *Seed Sci. & Technol.* 1 : 453-461.
- ISTA. 2007. *International Rules for Seed Testing*. Edition 2007. International Seed Testing Association.
- Justice, O. L. and L. N. Bass. 1978. *Principles and Practices of Seed Storage*. USDA Handbook 506. U.S. Department of Agriculture. Washington. DC. USA.
- Lee, S. Y., J. H. Ahn, H. J. Kim, and M. Y. Eun. 2006. Relationships among viviparous germination, dry-heat tolerance and seed longevity in Milyang 23/Gihobyeo RILs. *J. of Bio-Environment Control*. 15(4) : 421-427.
- Microsoft. 2010. *Microsoft Excel 2010*.
- Minor, H. C. and E. H. Paschal, 1982. Variation in storability of soybeans under simulated tropical conditions. *Seed Sci. & Technol.* 10 : 131-139.
- Rao, N. K. and M. T. Jackson. 1996. Seed longevity of rice cultivars and strategies for their conservation in genebanks. *Ann. Bot.* 77(3) : 251-260.
- Walters, C., L. M. Wheeler, and J. M. Grotenhuis. 2005. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. *Seed Science Research* 15 : 1-20.
- Wien, H. C. and E. A. Kueneman. 1981. Soybean seed deterioration in the tropics. II. Varietal differences and techniques for screening. *Field Crops Research* 4(2) : 123-132.