

종실특성에 따라 분류한 벼 이형주군의 Esterase 동위효소 형태변이 및 분리양상

김동관*[†] · 진일두** · 정병관**

*전남농업기술원, **순천대학교 농업생명과학대학

Esterase Isozyme Patterns of Rice-off Type Groups Classified by Grain Characteristics

Dong Kwan Kim*[†], Il Doo Jin**, and Byung Gwan Jung**

*Jeonnam ARES, Naju 520-715, Korea

**Coll. of Agric. and Life Sciences, Suncheon Nat'l. Univ., Suncheon 540-742, Korea

ABSTRACT: This study was carried out to investigate the genetic segregations and characteristics of off-type rice plants collected in Korea which were classified into seven groups based on grain characteristics. In the analysis of esterase electrophoresis, the long-grain red group was classified as 1 and 3 esterase isozyme zymogram(EIZ), the long-grain normal group was classified as 1, 3 and 7 EIZ. The extremely late sterility group was segregated variously as 1, 2, 1+2, 5, 6, 5+6, 7, 8, 7+8 and 12 EIZ. The long-grain red rice lines with 1 EIZ had a longer culm length and a lower length/width ratio to brown rice than the long-grain red rice lines with 3 EIZ. The long-grain normal rice lines with 3 EIZ had a longer culm length, shorter panicle length, greater number of tillers, lower length/width ratio of brown rice, and fewer number of grains per panicle than did the long-grain red rice lines with 1 or 7 EIZ.

Keywords: rice, off-type, esterase, isozyme, segregation, grain type.

벼 이형주는 세계적으로 대부분의 벼 재배지역에서 발생하는 데, 칠레의 경우 농가포장에서 벼를 수거하여 정미한 결과 0.02~4.12%의 적미가 혼입되어 미질을 저하시키고(Alvarado & Pedreros, 1991), 스페인에서는 '80년대 후반부터 적미가 많이 발생하여 심각한 피해를 주고 있다고 한다(Catala & Torres, 1993).

벼의 유전적 marker로서 동위효소는 분석방법이 간단하여 여러 분야에서 이용되고 있는데, 특히 esterase는 정확성이 인정되고 대부분 기질반응에 비특이성을 나타내며 타 동위효소

에 비해 염색법이 비교적 간편하므로 품종군 분류, 진화양식 등의 여러 분야에서 다양하게 활용되고 있다(Eun *et al.*, 1988). Cho 등(1992)은 esterase 등 6개의 동위효소 반응검정을 통해 장립형 적미는 Indica형 재배벼, 단립형 적미는 Japonica형 재배벼와 유연관계가 있으며 장립형 적미는 서로 동일한 반응을 보인 반면 단립형 적미는 다양한 반응을 보여 유전적 배경이 다양할 것으로 보았다. 또한 국내 적미와 외래 적미 및 재배품종을 대상으로 RFLP, RAPD, isozyme 분석방법을 이용하여 유전적 변이와 유연관계를 분석한 결과 장립적미군과 단립적미군간은 높은 다형성을 나타냈으나 각 군내 계통간은 낮은 다형성을 나타냈으며, 단립적미는 Japonica형, 장립적미는 Indica형 일 것이라고 추론하였다(Cho *et al.*, 1995a; 1995b).

Suh 등(1992)은 우리나라에서 발생하는 장립적미의 초장은 103 cm이고 주당 수수는 22개로 단립적미보다 초장은 8 cm 길고, 주당수수는 10개 많았으나, 이삭당 영화수는 단립적미의 108.7개보다 22.6개 적었으며 수장은 비슷하다고 하였다. 미국에서 많이 발생하는 strawhull red rice는 망이 없는 단립종으로 망이 길고 장립종인 blackhull red rice보다 분얼수가 27%, 이삭수는 18% 정도가 적고 벧짚 생산력과 엽면적 지수가 낮으며 출수일수는 짧다고 하였고(Diarra *et al.*, 1985; Dunand, 1988; Smith, 1981), 이들의 중간형인 grayhull red rice은 재배종과 자연교잡에 의해 발생한 것으로 유전적으로 불안정하다(Constantin, 1960; Dolago, 1982). 스페인 Tarragona 지역에서 발생하는 적미는 재배벼에 비해 초장, 엽설, 엽, 이삭이 길고 분얼수가 많으며 벼알과 잎이 좁다고 하였다(Pons *et al.*, 1995).

이처럼 대부분의 연구가 적미에 대한 결과이기 때문에 농가포장에서 발생하는 벼 이형주 전체에 대한 연구가 필요하다고 보인다. 따라서 전국의 농가포장에서 수집한 벼 이형주를 종

[†]Corresponding author: (Phone) +82-61-330-2665 (E-mail) dkkim@chonnam.rda.go.kr <Received April 4, 2002>

실 등의 특성에 따라 7개 군으로 분류하여 esterase 동위효소 pattern 변이 및 분리양상을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

벼 이형주의 변이와 분리양상을 구명하기 위해 1997년에 전국에서 수집한 이형주를 구분이 비교적 명확한 낱알의 형태, 종피색, 배유의 메·찰성을 기준으로 고정된 것으로 보이는 6개의 이형주군과 황숙기에도 직립형으로 엽색이 짙고 등숙이 불량한 극만생 불임군 등 7개 군으로 분류하여 1998년에 장립적미군, 단립적미군, 단립메성군, 단립찰성군 각 10계통, 장립메성군 13계통, 장립찰성군 3계통, 극만생 불임군 11계통씩 총 67계통 및 남천벼, 다산벼, 일미벼, 금오벼, 운봉벼, 동진벼의 모든 개체에 대해 esterase 동위효소 전기영동 방법을 통해 유전적 분리양상을 조사하였다. 또한 이형주군 및 esterase 동위효소 pattern에 따른 형질특성을 구명하기 위해 출수소요일수, 간장, 분얼수 등을 조사하였다.

재배방법은 5월 5일에 파종하여 6월 4일에 전남 순천시에 위치한 시험포장에 30 cm×15 cm 간격으로 1주 1본씩 극만생 불임군은 계통 당 50주씩, 기타 이형주군 및 품종은 계통 당 10주씩 이양하였다. 시비량은 질소, 인산, 칼리를 각각 110, 70, 80 kg/ha씩 사용하였다. 질소 분시방법은 기비 40%, 분얼비 30%, 수비 30%로 3회, 칼리는 기비 70% 수비 30%로 2회 분시 하였으며, 인산은 전량기비로 사용 하였다.

Esterase 동위효소 전기영동은 Nakagahra(1977)의 방법에 따랐다. 효소추출은 증류수로 세척된 지엽 1g을 handle homogenizer로 갈아 세척·건조된 목면실에 흡수시켜 시료로 사용하였다. 한천 0.9%, polyvinylpyrrolidone(PVP) 2%를 첨가하고, pH 6.8로 조절하여 150×170×3 mm 유리판에 얇게 펼쳐 이용하였다. 전기영동은 수평형 전기영동법으로 시료가 흡수된 목면실을 음극으로부터 3 cm 떨어진 곳에 1열로 놓고 음극과 양극 모두 phosphate buffer solution을 사용 300 V/26 mA 조건으로 90분 동안 3°C 항온기 내에서 실시하였다.

전기영동 후 염색은 1% α & β naphthyl acetate를 기질로

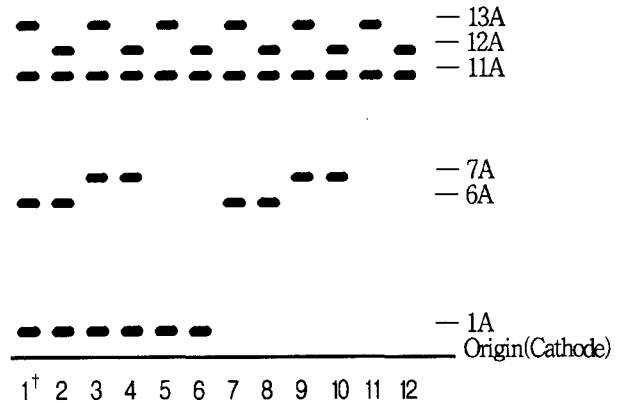


Fig. 1. All expected type of esterase isozyme zymogram (Nakagahra, 1977).

- †1. $EST_1EST_2^S EST_3^F$ (1A-6A-13A), 2. $EST_1EST_2^S EST_3^S$ (1A-6A-12A),
- 3. $EST_1EST_2^F EST_3^F$ (1A-7A-13A), 4. $EST_1EST_2^F EST_3^S$ (1A-7A-12A),
- 5. $EST_1EST_2^O EST_3^F$ (1A-13A), 6. $EST_1EST_2^O EST_3^S$ (1A-12A),
- 7. $EST_1^O EST_2^S EST_3^F$ (6A-13A), 8. $EST_1^O EST_2^S EST_3^S$ (6A-12A),
- 9. $EST_1^O EST_2^F EST_3^F$ (7A-13A), 10. $EST_1^O EST_2^F EST_3^S$ (7A-12A),
- 11. $EST_1^O EST_2^O EST_3^F$ (13A only), 12. $EST_1^O EST_2^O EST_3^S$ (12A only).

하여 37°C 습실 항온기에서 30분간 반응시켜 2% fast blue B salt 용액으로 염색하였다. 전기영동 pattern은 Fig. 1과 같은 Nakagahra(1977)의 esterase isozyme zymogram(EIZ)을 기준으로 분석하였다.

결과 및 고찰

고정된 것으로 보이는 이형주군

농가포장에서 수집 당시 고정된 것으로 보이면서 시험포장에서 각 계통 내 개체간 생육기간, 임성 등의 형질이 균일한 6가지 이형주군의 esterase 동위효소 pattern에 의한 분리양상을 보면(Table 1), 장립적미군으로 분류되었던 10계통은 1과 3 EIZ(Fig. 1)가 각각 2계통과 8계통이었고, 장립메성군은 1, 3, 7 EIZ, 장립찰성군은 3계통의 대부분 개체가 유전적으로 잡종 형태인 1+2 EIZ가 발견되어 농가포장에서 발생하는 장립형

Table 1. Esterase zymogram genotypes of off-type rice plants collected in Korea.

Off-type and cultivar	EIZ [†]						No. of tested lines
	1	3	6	7	1+2	5+6	
I (Long-grain red)	2	8					10
II (Long-grain normal)	5 [‡]	3 [§]		5 [‡]			13
III (Long-grain waxy)					3		3
IV (Short-grain red)			10				10
V (Short-grain normal)			9			1	10
VI (Short-grain waxy)			10				10
Cultivar	2 [¶]		4 [#]				6

†See fig. 1, ‡Similar to Tongil types, §Tall plant height, ¶Namcheonbyeo, Dasanbyeo, #Ilmibeo, Keumboyeo, Unbongbyeo, Dongjinbyeo.

의 이형주근들은 다양한 EIZ를 나타냈다.

단립형의 이형주근들 중 단립메성군은 공시한 10계통 중 1계통의 일부 개체가 유전적으로 잡종형태인 5+6 EIZ가 발현되었을 뿐 나머지 단립형 이형주근 계통은 모두 6 EIZ를 나타냈다. 그리고 대비품종 중 Tongil type인 남천벼와 다산벼는 1 EIZ, Japonica type인 일미벼, 금오벼, 운봉벼, 동진벼는 모두 6 EIZ가 발현되었다.

Nakagahra(1977)는 Fig. 1의 12가지 EIZ 중 Japonica형 품종은 6 EIZ, Indica형 품종은 1 EIZ, Japonica-Indica 잡종형 품종은 8 EIZ를 대부분 발현한다고 하였고, Eun 등(1990)과 Heu 등(1991)에 의한 우리나라 앵미(적미) 중 Indica형이 존재한다는 보고, Cho 등(1995a)이 단립적미는 Japonica형, 장립적미는 Indica형일 것이라는 주장, Nakagahra 등(1975)이 베트남, 캄보디아, 네팔, 말레이시아 등의 지역에서 재배되는 벼에서 1과 3 EIZ가 주로 발현되었다는 보고 및 본 시험의 결과를 종합해 볼 때 국내에서 발생하는 장립적미군은 Indica형이며, 단립형의 이형주근들은 Japonica형일 것으로 추정된다.

이형주근 및 EIZ에 따른 출수소요일수는 대체로 EIZ가 6인 단립형의 이형주근들이 많이 소요되는 경향이었고, 장립형 이형주근들은 계통 및 EIZ간 뚜렷한 경향은 없었는데 장립메성군의 경우 7 EIZ를 보인 계통이 나머지 1과 3 EIZ를 나타내는 계통에 비해 짧은 경향이였다(Table 2). 간장은 장립적미군과 3 EIZ 장립메성군 및 단립적미군이 긴 경향이였으나 이형주근 및 EIZ간 뚜렷한 경향이 없었고, 수장 또한 1 EIZ 장립메성군이 가장 길었으나 이형주근 및 EIZ간 뚜렷한 경향이 나타나지 않았으며, 분얼수는 장립적미군이 EIZ와는 상관없이 많은 편이었고 장립메성군의 경우 1과 7 EIZ인 계통들은 매우 적은 반면 3 EIZ인 계통들은 많은 경향이였으며 단립형의 이형주근 중 단립적미군이 대체로 많은 경향이였다.

현미의 길이는 이미 농가포장에서 육안으로 장립과 단립 이형주근으로 분류한 것과 동일한 양상이었는데, 단립형 이형주근들은 이형주근에 관계없이 비슷한 경향이였으나 장립형 이형주근들은 이형주근 및 EIZ간 차이가 있어 1 EIZ를 보이는 장립메성군과 EIZ가 1+2인 장립찰성군이 상대적으로 긴 쪽에 속하였다. 현미의 폭은 6 EIZ를 보이는 단립형 이형주근들이 EIZ가 1, 3, 7을 보이는 장립형 이형주근들보다 넓었다. 따라서 현미의 장폭비는 6 EIZ이고 형태적으로 이미 단립형 이형주근으로 분류되었던 군은 1.67~1.80으로 낮았고, 장립형 이형주근으로 분류되었던 군은 장립종의 장폭비를 나타냈으나, 현미의 길이가 짧은 3과 7 EIZ를 보이는 장립메성군은 상대적으로 작은 장폭비를 보였다.

수당립수는 7과 1 EIZ를 보이는 장립메성군 및 장립찰성군 순으로 많았으나 기타 장립형 이형주근들은 매우 적은 경향이었는데, 3 EIZ인 장립적미군과 장립메성군은 가장 적은 편으로 EIZ간 차이가 분명하였으나, 1 EIZ인 장립적미군과 장립메성군은 매우 상반된 결과를 보였으며, 단립형 이형주근들은 비슷한 경향이였다. 불임율은 1+2 EIZ인 장립찰성군이 50.6%로 매우 높았고, 기타 이형주근들도 높은 경향이였으나 계통간 편차가 매우 커 유의성이 인정되지 않았다.

이상의 결과로 볼 때, 6 EIZ를 발현하는 단립형 이형주근중 초장이 길고 분얼수가 많은 단립적미군을 제외한 단립메성군과 단립찰성군은 재배벼와 esterase 동위효소 분석결과가 같고, 생육특성이 비슷한 것으로 보아 농가에서 발생하는 이들 이형주근은 대부분 종자에 혼입되거나 탈립에 의해 발생하는 이품종 중 하나일 것으로 여겨졌다.

한편 1 EIZ를 발현하는 이형주근 중 장립적미군은 간장이 길고 분얼수가 많은 반면 장립메성군은 수장이 길고 수당립수가 많았으며, 3 EIZ를 발현하는 이형주근중 장립적미군은

Table 2. Characteristics of off-type rice plants collected in Korea.

EIZ [†]	Off-type [‡]	DSPE [§]	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of tillers	Length of brown rice (mm)	Width of brown rice (mm)	Length/width ratio	Grain no. per panicle	Sterility (%)
1	I	106abc	114a	21.4bc	19.8a	5.62bc	2.50c	2.24abc	72c	4.7b
	II	109abc	91c	23.7a	9.8d	5.97a	2.56c	2.34a	150a	10.1b
3	I	105bc	110ab	21.8bc	20.9a	5.82ab	2.47c	2.37a	72c	8.0b
	II	106abc	113a	20.6c	14.9b	5.41c	2.56c	2.11c	75c	13.8b
1+2	III	104bc	83c	22.0abc	11.5cd	5.94a	2.59c	2.29ab	135ab	50.6a
6	IV	112a	110ab	20.8bc	14.3bc	5.08de	2.82ab	1.80d	116b	10.8b
	V	109abc	89c	21.6bc	11.2cd	4.96e	2.86ab	1.74de	116b	11.5b
	VI	110ab	102b	21.1bc	11.8bcd	4.82e	2.90a	1.67e	127b	8.2b
7	II	103c	85c	22.7ab	9.1d	5.35cd	2.46c	2.17bc	153a	7.5b
6	Cul.	110ab	86c	21.3bc	12.0bcd	5.00e	2.77b	1.80d	113b	3.7b
L.S.D.(0.05)		3.9	8.0	1.7	3.0	0.26	0.12	0.13	28.8	12.4
C.V.(%)		5.8	5.8	5.4	15.9	3.7	3.2	4.7	18.4	87.9

[†]See fig. 1, [‡]I : Long-grain red; II : Long-grain normal; III : Long-grain waxy; IV : Short-grain red; V : Short-grain normal; VI : Short-grain waxy; Cul. : Cultivar (Dongjinbyeo), [§]Days from seeding to panicle emergence.

분얼수가 많고 현미의 장폭비가 큰 반면 장립매성군은 간장이 길어 1과 3 EIZ 내 이형주군간 연관성을 찾기가 어려웠다.

분리 이형주군(극만생 불임군)

극만생 불임군 11계통의 esterase 동위효소 pattern에 의한 분리양상을 보면(Table 3), 계통번호 2와 10번은 외견상 형태적 분리가 없으면서 전기영동에서도 분리되지 않아 고정된 계통으로 생각되었으며 각각 6과 1 EIZ에 속했다. 계통번호 1번은 집중형 pattern이 나타나지 않았고 2 EIZ 52.9%, 6 EIZ 47.1%씩 발생하여 상대적으로 단순한 집단구성을 보였다.

이들 3계통을 제외한 8계통은 형태적으로 고정된 것으로 분류된 이형주군에서 발견된 3 EIZ만 없었고, 1, 2, 1+2, 6 및 7 EIZ는 공동으로 발견되었으며, 새로운 5, 8, 12 EIZ와 이들의 집중형인 5+6 및 7+8 EIZ가 발견되어 극만생 불임군은

다양한 유전적 형질을 포함한 분리군으로 생각되었다. 분리가 나타난 8계통의 모든 개체를 관련 EIZ별로 묶어 분류하면 1, 2, 1+2 EIZ 80.5%, 5, 6, 5+6 EIZ 14.0%, 7, 8, 7+8 EIZ 5.25%, 12 EIZ 0.25%로 Indica형이 Japonica형보다 많이 나타났다. 수집 당시인 1997년 국내 재배품종의 대부분은 Japonica형인데 분리가 진행중인 이형주의 상당부분이 Indica형을 나타내 이에 대한 좀더 자세한 고찰이 필요할 것으로 여겨졌는데, 과거의 Indica형과 Japonica형의 교잡종인 통일형 품종에서 유래할 가능성이 높은 것으로도 생각되었다. 그리고 장립적미군에서 나타난 3 EIZ는 나타나지 않아 이들 극만생 불임군으로 분류된 이형주 계통은 장립적미군과는 유전적 관계가 적을 것으로 여겨졌다.

그리고 농가포장에서 발생하는 이형주 중 약 19% 정도를 차지하여 단립적미 다음으로 많이 분포하는 극만생 불임군

Table 3. Esterase zymogram genotypes of extremely late sterility off-type rice plant lines collected in Korea.

Line no.	EIZ [†]										No. of tested plants
	1	2	1+2	5	6	5+6	7	8	7+8	12	
	Distribution (%)										
1		52.9			47.1						45
2					100						50
3	16.0	18.0	38.0	2.0	4.0	4.0	10.0		8.0		50
4	45.8	4.2	39.6	6.3		4.1					48
5	22.5	14.3	34.7	12.2	2.0	14.3					49
6	20.8	16.7	58.3			4.2					48
7	30.0	20.0	36.0	2.0		12.0					50
8	20.0	28.0	42.0	6.0	2.0	2.0					50
9	20.0	16.0	34.0			4.0	6.0	2.0	16.0	2.0	50
10	100										50
11	20.4	20.4	28.6	4.1	12.2	14.3					49
Mean [‡]	24.4	17.2	38.9	4.1	2.5	7.4	2.0	0.25	3.0	0.25	(539)

[†]See fig. 1, [‡]Except line number 1, 2 and 10.

Table 4. Characteristics by esterase isozyme zymogram of extremely late sterility off-type rice plant lines collected in Korea.

EIZ [†]	DSPE [‡]	Plant height (cm)	Panicle length (cm)	No. of tillers	Length of brown rice (mm)	Width of brown rice (mm)	Length/width ratio	Grain no. per panicle	Sterilizing tare	No. of tested plant
1	114.0 ± 14.2	92.1 ± 14.6	21.0 ± 9.6	10.1 ± 4.0	5.38 ± 0.37	2.68 ± 0.14	2.01 ± 0.17	142.5 ± 49.8	52.8 ± 30.5	96
2	114.4 ± 12.8	95.6 ± 19.0	22.8 ± 4.3	10.2 ± 3.8	5.28 ± 0.35	2.64 ± 0.14	2.01 ± 0.18	144.1 ± 43.3	43.2 ± 28.3	68
1+2	113.3 ± 15.4	93.0 ± 16.4	22.8 ± 3.5	10.6 ± 4.2	5.34 ± 0.34	2.65 ± 0.14	2.02 ± 0.16	150.8 ± 47.8	46.5 ± 31.3	153
5	122.8 ± 15.7	95.1 ± 15.6	19.6 ± 5.9	11.1 ± 3.4	5.37 ± 0.29	2.62 ± 0.11	2.05 ± 0.14	172.2 ± 46.2	52.2 ± 30.3	16
6	114.4 ± 15.2	88.5 ± 20.4	23.2 ± 3.0	10.5 ± 4.0	5.19 ± 0.27	2.69 ± 0.22	1.95 ± 0.22	121.5 ± 28.9	39.4 ± 27.4	11
5+6	132.3 ± 16.6	92.6 ± 15.8	22.8 ± 4.9	11.3 ± 6.3	5.29 ± 0.21	2.63 ± 0.17	2.02 ± 0.13	168.1 ± 47.9	62.0 ± 34.2	28
7	111.1 ± 14.4	83.0 ± 15.7	22.1 ± 2.9	10.5 ± 3.6	5.11 ± 0.32	2.59 ± 0.07	1.97 ± 0.15	127.3 ± 33.0	48.2 ± 37.5	8
8	107	112	23	8	5.19	2.61	1.99	177	23.2	1
7+8	103.3 ± 8.6	90.3 ± 12.7	22.2 ± 1.9	9.7 ± 2.3	5.14 ± 0.19	2.58 ± 0.15	2.01 ± 0.17	136.1 ± 38.7	38.2 ± 28.3	12
12	122	102	26	13	4.83	2.74	1.76	221	57.9	1

[†]See fig. 1, [‡]Days from seeding to panicle emergence.

(Kim *et al.*, 2001)의 대부분 계통이 분리가 진행중이고(Table 3), Table 1과 같이 고정계통으로 보여진 일부 계통에서도 분리가 진행중인 개체가 포함된 것으로 보아 농가포장에서 발생하는 이형주 개체 중 약 20% 정도는 분리가 진행중인 것으로 추정된다.

극만생 불임군의 EIZ에 따른 출수소요일수, 간장, 수장 등의 형질특성은 Table 4와 같이 매우 다양할 뿐만 아니라 동일 계통 내 개체간에도 차이가 심하여 EIZ간의 차이를 구분할 수 없었으나 출수소요일수는 고정 이형주군의 EIZ에 따른 경향과 비슷하게 나타났고, 간장은 고정 이형주군의 EIZ에 따른 경향과는 상이한 결과를 보였다. 수장과 분얼수 역시 EIZ간 차이가 없어 보였다. 현미의 길이, 폭 및 장폭비는 EIZ간 일정한 경향이 없이 유사하였고, 동일한 EIZ에서도 단립과 장립이 모두 혼재된 분포를 나타냈다. 수당립수와 불임율은 EIZ간 일정한 경향이 없었는데, 고정 이형주군에서 동일 EIZ를 발현한 것들보다 수당립수가 많고 불임율이 높은 편이었다.

따라서 극만생 불임군의 대부분 특성들이 EIZ간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았을 뿐만 아니라 계통간 차이도 매우 다양하게 나타나 발생요인이 매우 다양함을 시사하는 것으로 여겨졌다.

적 요

종실 등의 특성을 기준으로 분류한 7가지 벼 이형주군의 변이와 분리양상은 다음과 같다.

1. Esterase 동위효소 분석에서 장립적미군은 1과 3 esterase isozyme zymogram(EIZ), 장립메성군은 1, 3 및 7 EIZ로 분류할 수 있었다.
2. 극만생 불임군은 EIZ가 1, 2, 1+2, 5, 6, 5+6, 7, 8, 7+8 및 12로 다양하게 분리되었다.
3. EIZ가 1인 장립적미군이 3 EIZ인 장립적미군에 비해 간장이 길고 현미의 장폭비가 낮았다.
4. EIZ가 3인 장립메성군은 1이나 7 EIZ인 장립메성군에 비해 간장이 길고 수장이 짧고 분얼수가 많고 현미의 장폭비가 낮으며 수당 립수가 적었다.

인용문헌

- Alvarado, A. R. and A. L. Pedreros. 1991. Presence of red rice in Chile. *Agricultura Tecnica(Chile)* 51 : 374-377.
- Catala, M. and A. Torres. 1993. Control of red rice (*Oryza sativa* L.) in rice in Ebro Delta(Spain). 8th EWRS Symposium "Quantitative Approaches in Weed and Herbicide Research and their Practical Application", Braunschweig. pp. 275-284.
- Cho, J. H., H. S. Suh, T. Y. Chung, and M. Y. Eun. 1992. Collection and evaluation of Korean red rices IV. Affinity of Korean red rices with cultivars and foreign red rices based on isozyme polymorphism. *Korean J. Breed.* 24 : 327-334.
- Cho, Y. C., T. Y. Chung, and H. S. Suh. 1995a. Genetic characteristics of Korean weedy rice (*Oryza sativa* L.) by RFLP analysis. *Euphytica* 86 : 103-110.
- Cho, Y. C., T. Y. Chung, Y. H. Park, and H. S. Suh. 1995b. Genetic polymorphisms and phylogenetic relationships of Korean red rice (weedy rice in *Oryza sativa* L.) based on randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *Korean J. Breed.* 27 : 86-93.
- Constantin, M. J. 1960. Characteristics of red rice in Louisiana. *ph. D. Dissertation. Louisiana State Univ.* 95pp.
- Diarra, A., R. J. Simth, and R. E. Talbert. 1985. Growth and morphological characteristics of red rice (*Oryza sativa*) biotypes. *Weed Sci.* 33 : 310-314.
- Dolago, A. A. 1982. Characterization of red rice (*Oryza sativa* L.) phenotypes in Mississippi. *ph. D. Dissertation. Mississippi State Univ.* 143pp.
- Dunand, R. T. 1988. Red rice - Its impact on grain quality and its cultural control : A review of research in Louisiana, 1960-1982. *Bulletin, Louisiana Agricultural Experiment Station* 792 : 18pp.
- Eun, M. Y., Y. K. Kim, Y. G. Cho, Y. W. Kim, T. Y. Chung, and H. C. Choi. 1990. Classification of Korea native rice cultivars by isozyme variations. *Korean J. Breed.* 21 : 293-299.
- Eun, M. Y., Y. G. Cho, and T. Y. Chung. 1988. Variation of esterase isozymes in rice (*Oryza sativa* L.) by isoelectric focusing. *Res. Rept. RDA(B)* 30 : 21-25.
- Heu, M. H., H. J. Koh, H. S. Suh, and S. Z. Park. 1991. Indica rice grown in Korea. *Korean J. Crop Sci.* 36 : 241-248.
- Kim, D. K., I. D. Jin, D. S. Song, Y. J. Kim. 2001. Occurrences and characteristics of the off-type rice plant in farmer's paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 46(3) : 170-175.
- Nakagahra, M. 1977. Genic analysis for esterase isoenzymes in rice cultivars. *Japan. J. Breed.* 27 : 141-148.
- Nakagahra, M., T. Akihama, and K. Hayashi. 1975. Genetic variation and geographic cline of esterase isozymes in native rice varieties. *Jap. J. Genet.* 50 : 373-382.
- Pons, L., J. Recasens, F. Oliva, A. Taberner, and F. Riba. 1995. Red rice (*Oryza sativa* L.) a morphological description in Delta del Ebro(Tarragona, Spain). *Proceedings of the 1995 Congress of the Spanish Weed Science Society* 67-72.
- Smith, R. J. 1981. Control of red rice (*Oryza sativa*) in water-seeded rice (*O. sativa*). *Weed Sci.* 29 : 663-666.
- Suh, H. S., W. G. Ha, and Y. C. Song. 1992. Collection and evaluation of Korean red rices II. Yield component, culm and panicle length. *Korean J. Crop Sci.* 37 : 431-435.