

벼 超巨大胚 突然變異系統의 營養 및 作物學의 特性

高熙宗* · 朴淳直** · 元容在* · 許文會*

Nutritional and Agronomic Characteristics of Super-Giant Embryo Mutant in Rice

Hee Jong Koh* · Sun Zik Park** · Yong Jae Won* and Mun Hue Heu*

ABSTRACT : Super-giant-embryo mutant line(Hwacheong-ge^s) with high nutritional quality was developed from Hwacheongbyeo, a Korean Japonica cultivar. Grain weight of brown rice of Hwacheong-ge^s line was lighter than of Hwacheongbyeo. However, embryo dry weight of the line was 3.22 times heavier than that of Hwacheongbyeo on the single grain base. Hwacheong-ge^s line showed higher protein(8.99%) than the original variety(7.39%), without changes in storage protein. In amino acid composition, lysine content was greatly increased in the mutant, while the contents of methionine, serine and tyrosine were slightly decreased as compared with the original one. Lipid content of Hwacheong-ge^s line was 1.5 times higher compared with that of Hwacheongbyeo. The contents of Vitamin B1, B2, and E(α -tocopherol) were also greatly increased in Hwacheong-ge^s line. The grain yields of the mutant lines ranged from 69.2% to 78.8% compared with that of Hwacheongbyeo, 556kg/10a. Most of the mutant lines of M₄ generation were homogeneous for growth characters, and some of them seemed to be readily applicable for farmer's field.

Key word : Rice, Mutant, Super-giant embryo, Lipid, Protein, Vitamin

禾穀類 中 營養組成이 가장 우수한 것으로 평가되는²⁴⁾ 쌀의 營養 改善을 위한 品質 育種 研究는 단백질함량^{3,4,14)} 및 lysine함량 提高^{17,18)}에 집중되어 왔는데, 既存 遺傳資源에 限界가 있고 그 遺傳的 複雜性으로 因하여 현재까지 두드러진 성과를 거두지 못하고 있다. 근래에는 다양한 米質 變異體들이 유기되어^{10,16)} 쌀 품종 및 用途의 多樣化에 크게 기여할 것으로 전망되고 있으며, 그 중 低아밀로스 突然變異는 良食味 炊飯用으로, 粉狀質 · 高

糖米 · 高아밀로스 突然變異는 加工用途로, 蛋白質 組成¹²⁾, 巨大胚 突然變異는 高營養米로서의 利用性이 기대된다.⁶⁾

胚에는 營養成分 中 良質의 蛋白質과 비타민 그리고 필수지방산이 種實의 어느 부분보다도 많이 축적되어 있다⁸⁾. 또한 근래에는 산화방지제인 α -tocopherol과 生長촉진물질인 oryzanol이 다량 함유되어 있는 것으로 밝혀져서⁹⁾ 營養的인 측면에서 크게 관심이 집중되고 있다. 이에 기존의 遺傳

* 서울대 農生大(Coll. of Agric. & Life Sci., Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea)

** 韓國放送通信大學(Korea Air and Correspondence Univ., Seoul 110-791, Korea)

<'94. 1. 17 接受>

資源중에서 胚가 큰 품종을 찾는 노력과 突然變異育種에 의해 巨大胚變異體를 유도하는 연구가 진행되어 왔는데, 일본에서 巨大胚變異體를 탐색하여 발표한 바 있다¹⁶⁾. 國內에서도 超巨大胚變異體를 開發하였는데¹¹⁾, 이는 지금까지 보고된 벼의 遺傳資源中에서 胚의 크기가 최대이다. 松尾 等¹³⁾은 巨大胚變異體의 脂質 含量 및 脂肪酸組成을 분석한 결과 脂肪酸組成은 原品種과 차이가 없었으나 脂質 含量은 36% 增加되었다고 보고한 바 있는데 그 이외의 營養特性에 대해서는 보고된 것이 없다.

本 研究는 쌀의 種實 中 胚의 비율이 극도로 큰 超巨大胚變異體를 系統으로 育成하고 作物學의 特性과 營養의 價値를 評價함으로써 高營養特殊米 系統을 開發하는데 그 目的이 있다. 아미노산 및 脂質分析에 협조하여 준 作物試驗場 이정일 박사님과, 維生素 分析에 협조하여 준 農村營養改善研修院 이등대 박사님, 서울대학교 약학대학 김영중 교수님께 감사드린다.

材料 및 方法

화청벼에 MNU를 처리하여 유기시킨 超巨大胚變異體(Hwacheong-ge^s)¹⁰⁾ 系統들을 화청벼와 동시에 1992年 4月 24일에 播種하여 5月30日 30×15cm의 栽植距離로 1株本植(系統當 3.3m²)이양하였다. 施肥는 N-P₂O₅-K₂O=10-8-8 kg/10a를 分施하였으며 기타 재배관리는 慣行에 준하였다. 收穫期에 系統當 20個體씩에 대해 生育形質을 조사하였고, 區當收量을 재어 10a當 收量으로 환산하였다.

수확후 玄米로부터 胚와 胚乳를 分離하여 各 部位의 乾物重을 측정하였다. 營養成分 分析은 모두 胚와 胚乳를 分離하여 실시하였는데 蛋白質 含量은 Micro-kjeldahl法에 의해, 아미노산 組成은 아미노산자동분석기(Hitachi 835)를 이용 측정하였다. 脂質含量은 Soxhlet추출기를 이용한 hexan추출법에 의해 측정하였으며 脂肪酸組成은 Gas chromatography에 의해 分離 定量하였다. 維生素 B1 함량은 Thiochrome 형광법, B2는 Lumiflavin 형광법, Niacin은 Kônig법으로 정량하였다. α-toc-

opherol은 표준품(순도 99%이상, 대웅제약)용액과 대조하여 HPLC(Hitachi 638-50 Liquid Chromatography)로 정량하였다. 貯藏 蛋白質의 조성 변화를 조사하기 위하여 SDS-PAGE에 의해 zymogram을 분석하였고, IEF 전기영동으로 esterase효소의 band pattern을 조사하였다.

結果 및 考察

1. 米粒外形

초거대배미의 종실은 그림 1에서 볼 수 있듯이 외관상 전체 크기는 차이가 없는데 胚 부분이 원품종인 화청벼에 비해 월등히 증대된 것을 알 수 있다. 또한 그림 2에서 보면 초거대배미의 배(B)는 약간 발아한 모양이지만 화청벼의 배에 비하여 배반부분이 월등히 큰것을 알 수 있다. 즉 초거대배미는 원품종에 비해 胚芽자체가 아니고 胚盤부분이 대폭 커진 형태이다. 종실의 外形을 측정하여 보면(表 1) 粒長, 粒幅, 長幅比는 화청벼와 超巨大胚變異系統間 差異가 없는데 粒厚는 超巨大胚變異系統에서 有意하게 작아졌다. 즉 胚乳의 登熟狀態는 原品種에 비해 다소 충실치 못함을 알 수 있다. 玄米를 胚와 胚乳部分으로 分割하여 그 무게를 측정하는 것이 表 2이다. 超巨大胚變異系統 현미의 1000粒重(水分含量 14%)은 原品種의 74.5%정도

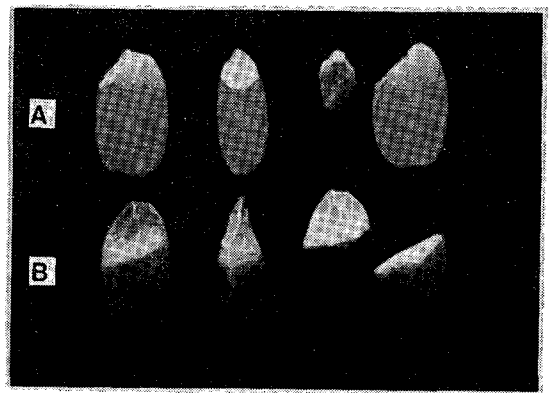


Fig. 1. Appearance of mutant Hwacheong-ge^s (B) grain compared with original cultivar Hwacheongbyeo grain(A).

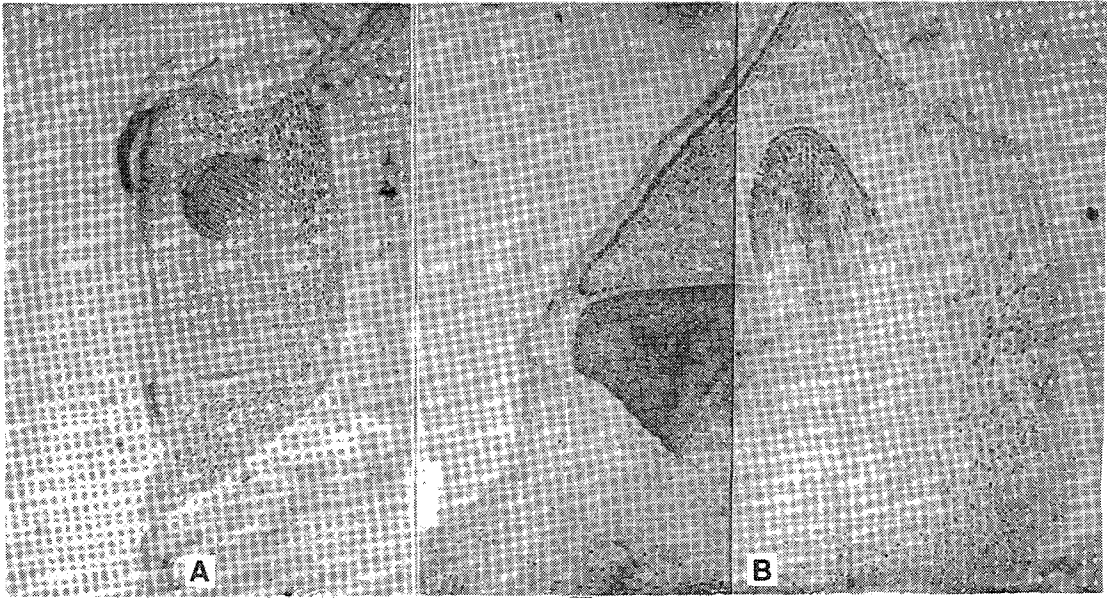


Fig. 2. A longitudinal section of embryos of Hwacheongbyeo(A) and Hwacheong-ge^s(B)×100.

Table 1. Grain dimension of brown rice

	Length	Width	Thickness	L/W
(mm).....			
Hwacheongbyeo	5.02	2.92	2.10	1.72
Hwacheong-ge ^s	5.07	2.88	1.90	1.76
Difference	ns	ns	**	ns

인데 玄米 1粒當 胚의 乾物重은 322%로 증가하였다. 玄米 100g당 胚의 乾物重으로 보면 무려 4倍以上 增加된 것을 볼 수 있다. 즉 種實 전체의 무게는 감소한 반면 胚의 무게는 월등히 증가되었다. 松尾 等¹³⁾은 Satoh와 Omura¹⁶⁾가 개발한 巨大胚 變異系統을 조사하여 원품종과 크기와 무게가 거의 비슷하였고, 胚 무게는 生體重으로 2.67倍 증가하였다고 하였는데 특히 生體에서 胚의 水分含量

이 높은 것을 고려하면 우리가 개발한 것 보다는 훨씬 작다.

2. 營養特性

원품종과 超巨大胚 변이계통(ge^s)의 현미를 胚와 胚乳로 분리하여 각각의 단백질함량과 아미노산조성을 분석한 것이 表 3이다. 既 報告⁸⁾와 마찬가지로 胚乳에 비해 胚에는 단백질 함량이 월등히 높아 胚의 營養價値가 우수함을 알 수 있었다. 胚乳의 단백질함량은 超巨大胚米가 원품종보다 약간 높았는데, 이는 表 1에 나타나 있듯이 種實의 登熟充實度가 다소 떨어진 결과로 糊粉層의 比率이 상대적으로 높았고, 糊粉層은 澱粉層에 비해 단백질함량이 높기⁸⁾ 때문인 것으로 생각된다. 胚의 단백질함량은 원품종과 초거대배 系統이 비슷하여 결

Table 2. Embryo and endosperm weight of brown rice

	1000-grain weight	Dry wt. per 1000-grain			Dry wt. of embryo / 100g brown rice
		Endosperm	Embryo	Total	
Hwacheongbyeo(A)	20.4	17.3	0.59	17.9	3.30
Hwacheong-ge ^s (B)	15.2	11.4	1.90	13.3	14.29
B/A(%)	74.5	65.9	322	74.3	433

Table 3. Amino acid composition and protein content of Hwachungbyeo and its mutant Hwachung-ge^s line

Amino acid	Endosperm ^{a)}		Embryo		Brown rice			Content(mg) / 100g brown rice		
	Hwa ^{b)}	H-ge ^s	Hwa	H-ge ^s	Hwa(A)	H-ge ^s (B)	B / A	Hwa(A)	H-ge ^s (B)	B / A
(%).....						(mg).....		
Alanine	6.68	6.50	7.77	8.04	6.72	6.72	1.00	492	598	1.22
Arginine	6.60	6.44	6.57	9.76	6.60	6.91	1.05	483	615	1.27
Aspartic	10.25	10.59	10.94	11.31	10.27	10.69	1.04	751	952	1.27
Glutamic	20.83	21.07	18.37	17.54	20.75	20.57	0.99	1518	1830	1.21
Glycine	4.32	4.21	6.07	5.58	4.38	4.41	1.01	320	393	1.23
Histidine	1.79	1.84	1.67	1.51	1.79	1.79	1.00	131	159	1.21
Isoleucine	3.12	3.33	2.92	2.82	3.11	3.26	1.05	228	290	1.27
Leucine	8.47	8.44	7.49	7.05	8.44	8.24	0.98	617	734	1.19
Lysine	2.96	3.40	5.90	5.70	3.06	3.73	1.22	224	332	1.48
Methionine	1.99	1.79	1.81	1.55	1.98	1.76	0.89	145	157	1.08
Phenylalanine	5.07	5.31	4.41	4.15	5.05	5.14	1.02	369	458	1.24
Proline	3.01	2.99	3.04	2.86	3.01	2.97	0.99	220	264	1.20
Serine	4.27	3.81	3.91	3.86	4.26	3.82	0.90	312	340	1.09
Threonine	2.67	2.54	3.38	3.40	2.69	2.66	0.99	197	237	1.20
Tyrosine	4.17	3.70	3.21	2.69	4.14	3.56	0.86	303	317	1.05
Valine	6.14	6.42	6.10	5.78	6.14	6.33	1.03	449	563	1.25
Ammonia	7.66	7.63	6.44	6.40	7.62	7.45	0.98	557	663	1.19
Total								7.32	8.90	1.22
Protein content (%)	6.99	7.37	19.24	18.73	7.39	8.99	1.22			

a) Brown rice without embryo,

b) Hwa:Hwacheongbyeo, H-ge^s:Hwacheong-ge^s

과적으로 玄米의 단백질함량은 超巨大胚米가 1.22 배 높았다. 한편 玄米의 아미노산 組成에 있어서 兩系統간에 큰 變異는 없는 것으로 나타났는데 그 중에서도 lysine 비율은 원품종 대비 1.22배 높아졌고, tyrosine, methionine, serine의 비율은 각각 0.86, 0.89, 0.90 으로 다소 낮아졌다. 玄米100g 당 아미노산 絶對量으로 보면 超巨大胚米가 단백질 함량이 높기 때문에 모든 아미노산량이 높게 나타나는데 특히 lysine함량은 원품종이 224mg인데 비해 332mg으로 1.48 배나 증가했다. Schaeffer와 Sharpe¹⁸⁾는 in vitro 돌연변이로 원품종보다 lysine함량이 14%증가된 계통을 육성할 수 있었는데, 그 遺傳樣相이 단순하지 않아¹⁷⁾ 그 이용성이 제한될 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 검토된 超巨大胚米는 lysine비율이 22%나 증가되었고 關與遺傳子 또한 單純劣性이어서¹¹⁾ 玄米를 대상으로 한 高lysine 벼 育種時 效率的으로 이용될 수 있을

것으로 보인다. 既存 벼품종이 가지고 있는 玄米 단백질의 lysine비율은 2.23~4.80%정도⁷⁾인데 원래 高lysine品種에다 超巨大胚 遺傳子를 도입하면 lysine함량은 上乘的으로 增加할 것이고, 특히 超巨大胚와 高蛋白質特性(表 3)이 결합되기 때문에 高蛋白質, 高lysine 品種育成이 容易할 것으로 판단된다.

한편 그림 3은 玄米의 全蛋白質을 SDS-Polyacrylamide 전기영동한 결과이다. 그림에서 57kDa의 polypeptide는 glutelin의 前驅體이고, 37~39 kDa과 22~23kDa의 polypeptide는 glutelin을, 26kDa의 polypeptide는 globulin을, 10kDa · 13 · kDa · 16kDa의 polypeptide는 prolamin을 구성하는 것이다.¹⁵⁾ 원품종인 화청벼(A,C,E)와 超巨大胚米(B,D,F)의 白米(A,B), 胚를 제거한 玄米(C,D), 胚(E,F)를 部位別로 비교하여 볼 때 兩者間에는 band의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것으로 보면 超巨大胚 變異系統은 高蛋白質, 高ly-

sine의 特性을 보이면서도 貯藏蛋白質의 組成에 차이가 없으므로 消化率은 同一할 것으로 판단되며, 따라서 超巨大胚米의 이용성은 더욱 높다고 할 수

Mol. wt
($\times 10^3$ D)

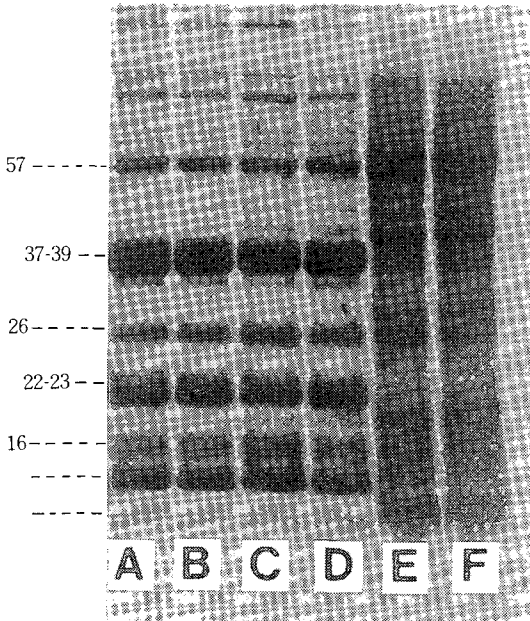


Fig. 3. SDS-PAGE of the storage protein.
A: milled rice of Hwacheongbyeo
B: " " of Hwacheong-ge^s
C: brown rice without embryo of Hwacheongbyeo
D: brown rice without embryo of Hwacheong-ge^s
E: embryo of Hwacheongbyeo
F: embryo of Hwacheong-ge^s

있겠다. 그림 3과 동일 시료에 대해 IEF 전기영동으로 esterase의 band pattern을 본 것이 그림 4인데 역시 화청벼와 超巨大胚系統의 各部位別로 차이가 없게 나타났다.

벼 種實의 各部位中 脂質含量이 가장 많은 곳은 胚이고 그 다음이 糊粉層이며 澱粉層에는 極小量이 존재한다.^{1,5,8,13)} 表 4는 원품종과 超巨大胚 變異系統(ge^s)의 玄米를 胚와 胚乳로 분리하여 각각의 지질함량과 지방산조성을 분석한 것이다. 지질함량을 보면 胚를 제거한 胚乳에서는 超巨大胚米가 원품종보다 약간 높는데 이는 단백질함량의 경우와 마찬가지로 表 1에 나타나 있듯이 종실의 등숙

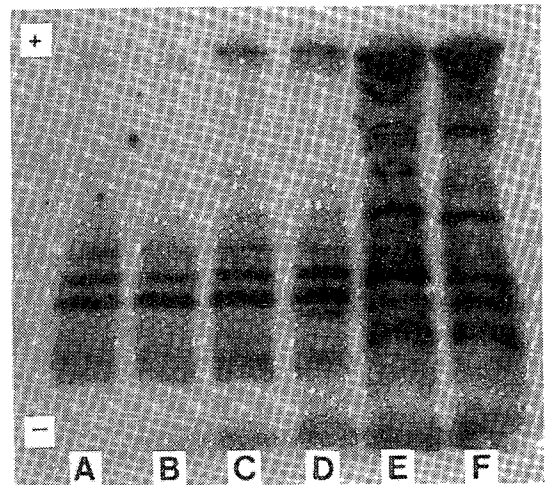


Fig. 4. Esterase zymograms by IEF in pH 3~10 (A~F: sec Fig. 3.)

Table 4. Lipid content and fatty acid composition of Hwacheongbyeo and its mutant Hwacheong-ge^s line

	Endosperm ^{a)}		Embryo		Brown rice			Lipid content / 100g brown rice		
	Hwa	H-ge ^s	Hwa	H-ge ^s	Hwa(A)	H-ge ^s (B)	B/A	Hwa(A)	H-ge ^s (B)	B/A
(%).....						(mg).....		
Lipid content	2.9	3.1	28.8	21.2	3.8	5.7	1.50	3.80	5.70	1.50
Fatty acid composition										
Oleic acid	40.0	43.5	37.3	37.0	39.9	42.6	1.07	1.52	2.43	1.60
Linoleic acid	39.8	33.5	37.9	35.7	39.7	33.8	0.85	1.51	1.93	1.28
Palmitic acid	13.7	16.7	19.7	20.8	13.9	17.3	1.24	0.53	0.98	1.85
Linolenic acid	3.8	3.9	2.8	3.4	3.8	3.8	1.00	0.14	0.22	1.57
Stearic acid	2.6	2.4	2.3	3.0	2.6	2.5	0.96	0.10	0.14	1.40

a) Brown rice without embryo

총실도가 다소 떨어져서 호분층의 비율이 상대적으로 높았기 때문으로 보인다. 胚에서는 원품종이 超巨大胚米보다 훨씬 높았는데 松尾等¹³⁾의 설명과 같이 胚의 巨大化로 인해 胚中の 油脂의 充實度가 低下되었기 때문으로 생각된다. 그러나 胚와 胚乳를 합한 玄米의 지질함량은 超巨大胚系統(5.7%)이 원품종(3.8%)보다 1.5배나 증가되었는데, 벼의 기준 품종간 지질함량의 변이가 2.3~3.9%인것⁵⁾을 감안하면 超巨大胚米는 高脂質米로 이용가치가 높을 것으로 생각된다. 지방산조성 비율에 있어서는 胚의 경우 兩系統間에는 차이가 없었는데, 胚를 제외한 胚乳에서는 超巨大胚米가 원품종에 비해 리놀산은 다소 감소했고 팔미틴 산은 증가하여 결과적으로 玄米에서도 비슷한 결과를 가져왔다. 그러나 超巨大胚米는 지질함량이 월등히 높기 때문에

玄米100g當 각 脂肪酸의 絕對量은 원품종에 비해 훨씬 높다.

表 5는 비타민함량을 분석한 결과이다. 화청벼의 胚를 제거한 玄米와 白米를 비교하면 분석된 비타민 모두 현미에서 그 함량이 높는데 이는 호분층이 비타민을 다량으로 보유하고 있는데 기인한다고⁸⁾ 볼 수 있다. 한편 胚乳에서는 α -tocopherol은 검출되지 않았다. 胚는 胚乳에 비해 비타민함량이 매우 높았는데, 그 중에서도 특히 thiamine함량이 월등히 높고, 胚乳에서는 검출되지 않은 α -tocopherol이 다량 함유되어 있는 것으로 나타났다. 超巨大胚米와 원품종의 胚를 비교하여 보면 thiamine, riboflavin, niacin 함량은 兩者가 유사하였다. 반면 α -tocopherol 함량은 원품종이 훨씬 높았는데 그 이유는 불분명하다. 그러나 玄米全體를 볼 때는 超巨

Table 5. Vitamin content of Hwacheongbyeo and its mutant Hwacheong-ge^s line

Vitamin	Endosperm of Hwacheongbyeo		Embryo		Vitamin content(mg) ^{a)} /100g brown rice		
	Brown	Milled	Hwa	H-ge ^s	Hwa(A)	H-ge ^s (B)	B/A
.....(mg /100g).....							
Vitamin B ₁ (Thiamine)	0.265	0.229	109.22	113.08	3.861	16.386	4.45
Vitamin B ₂ (Riboflavin)	0.041	0.017	0.421	0.474	0.054	0.103	1.91
Niacin	5.734	2.012	7.556	7.460	5.794	5.981	1.03
Vitamin E(α -Tocopherol)	— ^{b)}	—	2.195	0.952	0.072	0.136	1.89

a) Vitamin content of Hwacheong-ge^s endosperm was regarded as identical with that of Hwacheongbyeo endosperm.

b) not detectable

Table 6. Growth characters and grain yield of super giant-embryo lines

Entry No.	Pedigree	Heading date	Culm leng.		Pani.leng.		Panicle No.		Grain yield (kg/10a)
			cm	C.V. ^{a)}	cm	C.V.	No	C.V.	
Original variety									
01051	Hwacheongbyeo	8.19	85.4	2.0	17.4	5.8	17.4	10.7	556 (100)
Hwacheong-ge ^s lines(M4)									
01060	Hwa-M16-9-6-1	8.20	94.3	3.2	18.1	2.1	18.4	8.4	404 (72.6)
01062	-7-3	8.24	95.9	1.3	18.3	3.7	17.6	11.7	425 (76.4)
01065	-9-3	8.24	92.2	2.0	17.6	6.8	18.2	2.2	405 (72.8)
01067	-10-2	8.20	89.4	2.1	17.4	5.6	16.8	12.7	407 (73.2)
01072	-7	8.21	84.9	1.8	18.2	4.5	17.4	12.3	414 (74.5)
01073	-8	8.21	92.6	2.7	18.7	3.2	13.2	14.6	387 (69.6)
01077	-12	8.20	84.5	2.4	19.2	5.4	14.4	9.2	411 (73.9)
01079	-11-1	8.21	86.2	2.3	18.4	3.6	15.2	14.0	401 (72.1)
01080	-2	8.20	90.5	1.9	18.3	3.3	14.8	10.8	386 (69.4)
01081	-12-1	8.21	89.5	1.4	17.9	3.7	17.8	10.8	438 (78.8)
01082	-2	8.21	91.0	1.6	17.9	3.3	14.8	7.9	400 (71.9)
01084	-14-1	8.20	86.4	1.2	18.4	3.2	15.6	10.4	385 (69.2)

a) C.V. : Coefficient of variation

는 大胚米에서 α -tocopherol의 絕對量이 원품종에 비해 높고 玄米 100g當으로 환산하였을 때는 원품종의 1.89배나 된다. 다른 비타민들은 본 연구에서 분석되지는 않았지만 胚에는 모든 종류의 비타민 함량이 胚乳보다 월등히 높은 것을⁹⁾ 고려하면 超巨大胚 變異系統은 高비타민米로 충분한 가치가 있을 것이다.

3. 作物學의 特性

表 6은 巨大胚 變異系統들(M4 世代)의 生育形質 및 收量を 원품종과 대비하여 나타낸 것이다. 系統別로 多少의 變異는 있지만 出穗期는 원품종보다 1~5日 정도 늦어졌으며, 稈長과 穗長은 원품종에 비해 대체로 증가되었고, 穗數는 감소된 계통이 많았다. 10a當 正租收量은 원품종이 556kg이고, 超巨大胚 變異系統은 385~438kg으로서 원품종 대비 69.2~78.8%의 수준을 보였는데, 이는 주로 1000粒重의 減少(表 2)에 기인된 결과로 보여진다. 한편 形質別 變異係數를 보면 원품종이 稈長 2.0, 穗長 5.8, 穗數 10.7 이었는데, 變異系統들은 稈長 1.2~3.2, 穗長 2.1~6.8, 穗數 2.2~14.6으로써 대부분의 계통들이 원품종보다도 적은 變異係數를 보였다. 따라서 이 M4 系統들은 遺傳的으로 거의 固定된 상태로 볼 수 있으며 直接 고정품종으로 利用할 수 있을 것으로 보였다.

摘 要

화청벼에서 유기된 超巨大胚 突然變異系統을 育成하고 그의 米粒 外形特性, 단백질함량 및 아미노산 組成, 脂質含量 및 脂肪酸 組成, 비타민 含量 등의 營養特性 및 作物學의 特性을 原品種과 對比하여 조사하였다. 그 結果는 다음과 같다.

1. 超巨大胚 變異系統의 玄米 외형크기는 原品種과 차이가 없었으나, 1000립중은 원품종의 74.5%이었고, 1립당 胚의 크기는 乾物重으로 322%이었다.
2. 玄米의 蛋白質含量은 8.99%로 화청벼의 7.39%에 비해 높았고, 貯藏蛋白質의 組成은 차이가 없었다. 아미노산조성에서는 현미 전체로 볼 때

lysine 함량이 월등히 증대되었고, methionine, serine, tyrosine 함량이 다소 감소되었다.

3. 玄米의 脂質含量은 5.7%로 원품종의 3.8%에 비해 1.5배 증가하였다. 지방산 중 팔미틴 산 함량은 증가하였고, 리놀산 함량은 감소하였다.
4. 胚의 비타민 B₁, B₂, niacin함량에서 超巨大胚米와 원품종과는 차이가 없었으며, α -tocopherol함량은 감소하였으나, 현미 전체로 보면 B₁, B₂, α -tocopherol량이 월등히 증가하였다.
5. 超巨大胚米는 高營養米로서의 이용가치가 클 것으로 판단되었다.
6. 초거대배 변이계통(M4)들의 正租收量은 원품종인 화청벼(556kg/10a)에 비해 69.2~78.8% 정도이었다. 생육형질의 변이계수로 보아 대부분 계통들이 固定된 것으로 나타났다.

引用文獻

1. Choudhury, N.H. and B.O. Juliano. 1980. Lipids in developing and mature rice grain. *Phytochemistry* 19:1063-1069
2. Coffman, W.R. and B.O. Juliano. 1987. Rice. in *Nutritional Quality of Cereal Grains: Genetic and Agronomic Improvement*, pp. 101-131
3. Coffman, W.R. and B.O. Juliano. 1976. Current status and breeding high protein rice. in *Improving the Nutrient Quality of Cereals II*, pp. 150-153
4. Eggum, B.O. 1979. The nutritional value of rice in comparison with other cereals. in *Proc. of workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, IRRI, pp. 91-111
5. Fujino, Y. 1978. Rice lipids. *Cereal Chem.* 55(5):559-571
6. 許文會, 朴淳直. 1990. 쌀 用途 多樣化 育種 戰略. 國際競爭力 向上과 消費者嗜好에 맞는 쌀 品質 高級化 및 多樣化 심포지움, 수입개방대책45, 농촌진흥청 작물시험장:41-58
7. Juliano, B.O. 1966. *Physicochemical data*

- on the rice grain. Tech. Bull. 6, IRRI, 150p
8. Juliano, B.O. ed. 1985. Rice—Chemistry and Technology. AACC Monograph Series, pp. 17-174
 9. Kao, C. and B.S. Luh. 1991. Rice oil. in Rice: Production, vol II, 2nd ed. Univ. of Calif., U.S.A, pp.295-311
 10. 金光鎬, 許文會, 朴淳直, 高熙宗. 1991. 새로운米粒質 突然變異 創出. 韓作誌 36(3):197-203
 11. Kim, K.H., S.Z. Park, H.J. Koh and M.H. Heu. 1992. New mutants for endosperm and embryo characters in rice: Two dull endosperms and a giant embryo. Proceed. of SABRAO Intern. Symp. on The Impact of Biological Research on Agricultural Productivity, pp. 125-131
 12. Kumamaru, T., H. Satoh, N. Iwata, T. Omura, and K. Tanaka. 1988. Mutants for rice storage proteins. I. Screening of mutants for rice storage proteins of protein bodies in the starch endosperm. Theor. Appl. Genet. 76:11-16
 13. 松尾 巧, 佐藤 光, 尹景民, 木村 武. 1987. イネ 巨大胚突然變異系統の含油量と脂肪酸組成. 育雜 37:185-191
 14. Nanda, J.S. and W.R. Coffman. 1979. IRRI's effort to improve the protein content of rice. in Proceed. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, IRRI, pp. 33-47
 15. 小川雅廣, 佐藤 光, 態丸敏博. 1988. 米タンパク質の改良—胚乳に存在するタンパク質顆粒の突然變異—. 育種學最近の進歩 30:3-13
 16. Satoh, H. and T. Omura. 1981. New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oryza sativa* L. Japan J. Breed. 31:316-326
 17. Schaeffer, G.W. 1991. Genetics and biochemistry of in vitro-selected lysine mutants. in Rice Genetics II, IRRI, pp. 191-199
 18. Schaeffer, G.W. and F.T. Sharpe. 1987. Increased lysine and seed storage protein in rice plants recovered from calli selected with inhibitory levels of lysine plus threonine and S-(2-aminoethyl) cysteine. Plant Physiol. 84:509-515