

새로운 米粒質 突然變異 創出

金光鎬* · 許文會** · 朴淳直*** · 高熙宗**

New Mutants for Endosperm and Embryo Characters in Rice

Kwang Ho Kim*, Mun Hue Heu**, Sun Zik Park*** and Hee Jong Koh**

ABSTRACT : Several types of endosperm and embryo mutants were induced by the treatment of MNU(N-methyl-N-nitrosourea) on fertilized egg cell of rice plant. These mutants were named as dull, waxy, white core, floury, sugary, shrunken, colored seed coat and giant embryo according to their appearance, microscopic feature on SEM and amylose content. White cored mutant was the most frequent one among them. All of the mutants were segregated as controlled by a single recessive gene except 47320(dull). Further studies on the genetics and physico-chemical properties of the mutants are ongoing.

米質의 改良은 重要한 育種目標가 되어 왔다. 특히 쌀 消費 擴大의 現時性에 비추어 볼 때 食用은 물론 加工用 米質의 多樣化가 切實하게 要求되고 있다. 옥수수에서는 이미 오래전부터 多樣한 品質變異體들을 確保하여²¹⁾ 실제 活用되어져 왔으나, 벼에서는 amylose 含量의 高·低^{3,8)}, 香稻¹⁰⁾, 高蛋白質 品種¹⁴⁾ 등 少數의 成分含量에 대한 既存 品種의 選拔에 注力하여 왔다. 近來에는 突然變異誘起劑 處理에 의해 여러가지 米質變異體들이 誘發되고 있는데^{12,15,16,19,20,22,23)} 이는 既存의 벼 遺傳資源 中에 없었던 새로운 品質資源 確保의 觀點에서 매우 鼓舞的인 現象이라 할 수 있겠다. 他 穀類에 比較하여 우수한^{2,9)} 쌀의 品質開發이 이제야 시도되고 있는 점은 때늦은 감이 있다.

우리는 米質變異의 多樣化에 注力하던^{3,4,5,6,11)} 中 突然變異가 有用함을 認知하고 藥劑(N-methyl-N-nitrosourea)를 處理하여 여러 種類의 變異體를 確保하였으며 여기에 그 種類 및 形態의 特性 등을 報告한다.

材料 및 方法

Japonica인 화청벼와 Indica인 IR24를 開花盛期에 pot로 移植하여 當日 開花한 것만 남기고 그 이외의 모든 穎花는 除去하였다. 當日 저녁부터 익일 아침까지 25℃의 暗室에서 1.0 mM (1988年)의 N-methyl-N-nitroso-urea (MNU) 溶液을 용기에 채운 후 이삭이 완전히 잠기도록 하여 pot마다 45분씩 浸漬 處理하고 處理가 끝난 pot들은 24時間 水洗한 後 溫室에서 登熟시켰다. 1989년에는 同一 方法에 의거 MNU의 濃度を 0.75, 1.0, 1.25 mM의 3水準으로 사용하였다. 處理種子(M₁)는 다음 해(1989, 1990年) 慣行栽培法에 의거 圃場에 1株 1本植 移秧 栽培하여 稈長, 穗長, 穗數, 稈實率, 葉色 등 形態의 特性의 變異體들을 識別하였고, 各 個體別로 M₂ 種子를 收穫하였다. 收穫된 種子들은 個體別로 玄米를 만들어 變異 有無를 調査하였다. 1989년에 選拔한 變異體들은 1990년에 M₂ 系統으로 栽培하여 그 遺傳性 與否를 判定하였다.

이 논문은 1990년도 교육부 지원 학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

* 건국대학교 농과대학 (Coll. of Agric., Kon-Kuk Univ., Seoul 133-701, Korea)

** 서울대학교 농과대학 (Coll. of Agric., Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea)

*** 한국방송통신대학 (Korea Air and Correspondence Univ., Seoul 110-510, Korea) <91. 6. 18 接受>

結果 및 考察

1. 米粒質 突然變異體의 種類 및 特性

Amylose 含量 變異體: low amylose 變異體인 dull과 waxy를 나타낸 것이 그림 1-A 이다. 그림에서 볼 수 있듯이 dull 變異體는 外觀上 찰벼와 메벼 중간 정도의 半透明 特性을 보이며 I-KI 용액에 의한 염색 정도는 메벼에 가까운 軟黑靑色이었다. 이들의 amylose 含量은 表 1에서 볼 수 있듯이 dull 變異體들은 7.1~13.6%,

Table 1. Amylose content of dull waxy mutants.

Designation	No. of lines tested	Amylose content (%)	
		Range	Mean
Hwacheongbyeo	5	17.5~18.2	17.7
Dull	6	7.1~13.6	10.4
Waxy	2	2.7~4.6	3.6

waxy 變異體들은 2.7~4.6%이었다. SEM에 의한 澱粉構造를 보면 dull(그림2-C)이 母品種(그림2-A)에 비해 澱粉粒子가 小粒인 것으로 나타났고, dull(그림2-B)과 waxy(그림2-D)에서는 母品種과 類似하게 나타났다. 또한 이들 變異體들에서 澱粉結晶에 多孔現象을 관찰할 수 있었는데 dull에서 보다 waxy에서 많은 傾向이었다.

心白·粉質 變異體: 화청벼는 心白이 거의 없는 品種이다. 그림2-E(心白)와 그림2-F(粉質)에서 보면 이들 變異體들은 正常에 對比하여 澱粉結晶組織이 느슨하고 複合澱粉粒子內의 結晶 狀態도 성기어 잘 부서지기 쉽다. 澱粉粒子들의 모양 자체도 多角形 보다는 圓形에 가까운 불규칙한 특성을 보였다. 이러한 특성은 그림1-B-b(心白)와 그림1-B-c(粉質)에서 米粒 橫斷時 白色으로 表現되었다. 즉 粉質은 糊粉層만 除外하면 모든 胚乳部分이 白色이었고 心白은 胚乳의 一部分만 白色이었다. 이러한 軟質의 胚乳特性을 가진 쌀이 어떤 用途에 적합할 것인가는 檢討할 課題이다.

Sugary, shrunken 變異體: 그림1-C-b(sugary)와 그림1-C-c(shrunken)에 나타나 있듯이 玄米 자체가 주글주글하고, sugary變異體는 軟褐色으로 shrunken 變異體는 白色으로 보였다. 이들은 外形 및 SEM으로 본 胚乳組織(그림2-G 및

H)으로 미루어 보아 각각 sugary 및 shrunken 變異體^{1,7,20}로 判定하였는데 실제 玄米의 맛을 보면 단맛을 느낄 수 있다.¹⁸ 이들의 糖含量 및 成分 造成은 檢定 中에 있다.

有色種皮 變異體: 그림1-D 에서와 같이 yellow low와 purple의 種皮色 變異體가 유기되었는데 이들은 모두 胚가 致死되어 있었다. 致死遺傳子의 多面發現에 의한 色 表現인지 또는 色素關與 遺傳子의 多面發現에 의한 致死作用인지 등은 檢討 中에 있지만 어쨌든 yellow 種皮色은 지금까지는 發見되지 않았던 特性이다.

巨大胚 變異體: 玄米에서 胚가 차지하는 比率이 母品種(화청벼) 對比 相對的으로 큰 變異體들인데 그림1-E 에서와 같이 3種類가 誘起되었다. c는 Satoh와 Omura²⁰가 보고한 것과 동일한 크기의 것이지만 d는 월등히 큰 變異體이다. 巨大胚 變異體에서는 胚가 큰 만큼 脂肪酸 含量이 增加하였다고 報告되었는데^{13,18}, 本 研究에서 개발한 變異體도 同一 特性을 보일 것인지 또는 脂肪酸 以外에 mineral, vitamin 含量은 어떤지 등은 檢討 中에 있다. 단순히 脂肪 含量 만을 目標로 할 때에도 糊粉層의 두께¹⁷와 관련지어 高脂肪米에 대해 검토해 볼 價値가 있으리라 생각된다.

유기된 變異體들에 대해서는 理化學的 特性과 遺傳子 分析이 進行되고 있다. 이외에도 high amylose(ae)²³, 蛋白質 造成 變異體¹² 등이 日本에서 報告되었는데 우리도 곧 확보할 수 있을 것 같다. 한편 日本에서 만들어 낸 것과 우리가 만들어 낸 것과는 變異體들이 거의 類似하다. 그렇다면 MNU²⁰, EMS²⁰, EI^{20,22} 등의 藥劑에 의해 誘起시킬 수 있는 mutation spectrum은 制限的인 것이 아닌가 생각되는데, 새로운 品質 遺傳資源을 더 確保하기 위해서는 다른 mutagen들의 利用性도 檢討해야 될 것이다.

개발되어진 變移體들 中 一部에 대해 遺傳分離 比率을 본 것이 表 2이다. dull 變異體中 47320을 除外하고는 變異體가 모두 單純劣性으로 分離되어 單純劣性 突然變異임을 알 수 있었다. 그런데 47320(dull)은 dull을 재배했음에도 불구하고 그것에서 正常과 dull로 분리되어졌는데 아직 分離 比率을 確定하기는 어렵지만 單純遺傳은 아닌 것으로 생각되었다.

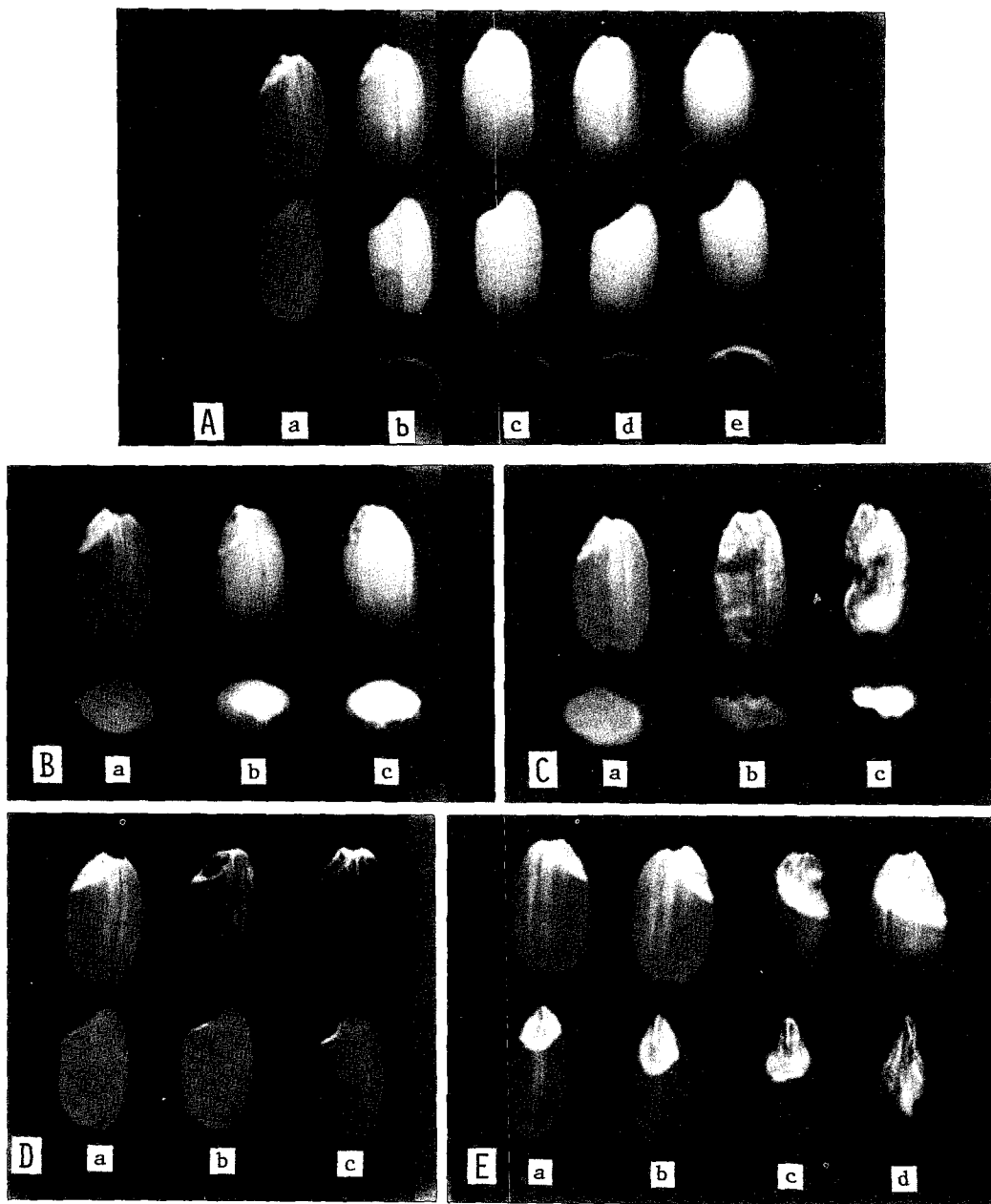


Fig. 1. Endosperm and embryo mutants induced by MNU
 A : a-Hwacheongbyeo, b · c · d -dull, e-waxy
 B : a-Hwacheongbyeo, b-white core, c-floury
 C : a-Hwacheongbueo, b-sugary, c-shrunken
 D : a-Hwacheongbyeo, b-yellow seed coat, c-purple seed coat
 E : a-Hwacheongbyeo, b · c · d -giant embryo

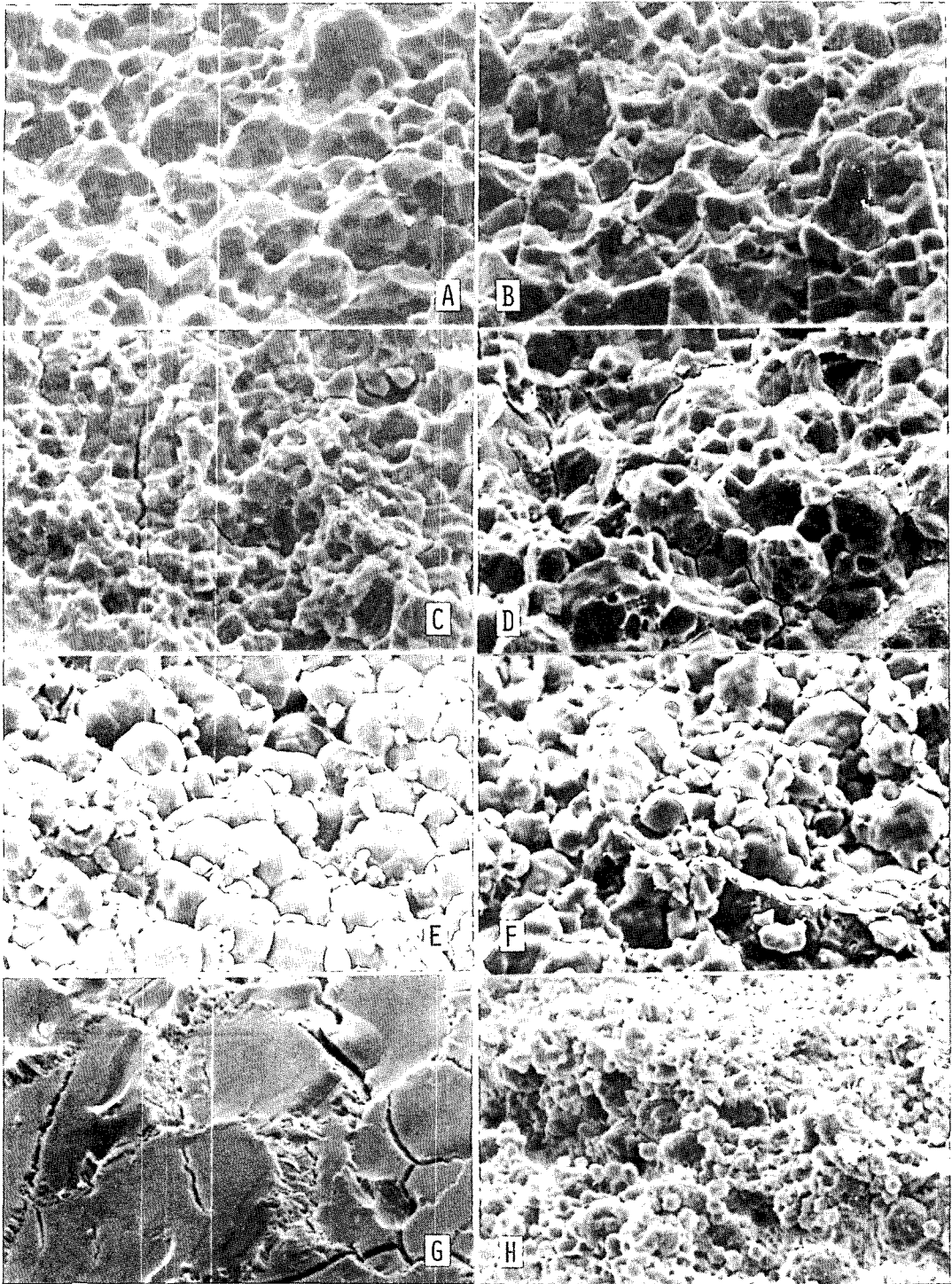


Fig. 2. Scanning electron microscopic features of starch structure of endosperm mutants (x1500)
 A : Hwacheongbyeo, B & C : dull, D : waxy, E : white core, F : floury, G : sugary,
 H : shrunken

Table 2. Segregation of endosperm and embryo mutants in seeds set on the heterozygous plants.

Designation	Segregation			X ² (3:1)	P	Source
	Normal	Mutant	Total			
Dull	196	63	259	0.064	0.90~0.75	47199
	355	112	467	0.265	0.75~0.50	47274
	143	112	255	37.066	< 0.005	47320
Waxy	266	90	356	0.015	> 0.90	47257
	329	95	424	1.522	0.25~0.10	47302
White core	627	203	830	0.132	0.75~0.50	58-67
	1283	390	1673	2.668	0.25~0.10	50-219
	475	148	623	0.532	0.50~0.25	47205
	395	127	522	0.127	0.75~0.50	47339
Floury	259	87	346	0.004	> 0.90	47252
	409	117	526	2.132	0.25~0.10	47279
	322	115	437	0.390	0.75~0.50	47336
	648	203	851	0.615	0.50~0.25	58-173
Sugary	413	124	537	1.102	0.50~0.25	47201
Shrunken	561	163	724	2.565	0.25~0.10	43-381
Yellow	1036	345	1381	0.001	> 0.90	47277
Giant embryo	811	240	1051	2.795	0.10~0.05	51-9
	465	143	608	0.741	0.50~0.25	47226

2. 突然變異 發生 頻度

화청벼와 IR24에 MNU를 處理하여 誘起된 突然變異들의 發生 頻度を 나타낸 것이 表 3이다. 화청벼의 경우 處理된 6668個의 M₁ 個體들에서 얻은 M₂ 種子들 中 5.31%는 心白變異體이었고 그 다음이 粉質變異體로 1.03%의 빈도를 나타냈다. IR24에서는 5026個의 M₁ 個體 中 心白이 1.07% 有色種皮가 0.24%이었다. 화청벼의 突然變異率은 7.08%로 IR24에 비해 월등히 높은데 이것으로 보면 Indica의 경우는 MNU의 濃度を 높이든지 處理期間을 길게 할 필요가 있을 것으로 생각되었다. 한편 大村과 佐藤¹⁷⁾는 Kinmaze에 MNU를 處理하여 2.38%의 突然變異率을 보고 하였는데 본 실험에서는 이보다 훨씬 높게 나타났다. 그 이유가 品種間 差異에서 비롯된 것인지 또는 처리 方法上의 差異 때문인지는 좀더 검토되어야 할 것이다. 表 4는 화청벼에서 各 形質別 變異體 發生 頻度を 相對的으로 比較한 것이다.

表에 나타나 있듯이 突然變異에 가장 민감한 形質은 心白이고 그 다음이 粉質, 有色種皮, dull, 巨大胚, sugary, waxy, shrunken 으로 나타났다. Satoh와 Omura²⁰⁾는 形質別로 突然變異率에 差異가 있는 것은 特定 locus별로 突然變異 發生 頻도가 다른 것이 아니라 各 形質에 關與되는 遺傳子數에 差異가 있기 때문이라고 報告한 바 있는데, 이에 대해서는 變異體들의 遺傳子를 同定하고 形質別 變異 頻도와 關與 遺傳子數를 相互 比較한 後 判斷하여야 될 것으로 생각한다.

한편 MNU 處理時 形態 形質의 變異體도 많 이 유발되는데, marker gene의 확보 觀點에서는 바람직하겠지만 단순히 米質의 變異 만을 目標로 하였을 때에는 不利한 現象이다. M₁ 植物體에서 正常적인 個體들에서의 米質變異體 發生 頻도와 形態的 變異가 있었던 個體들에서의 米質變異體 發生 頻도를 나타낸 것이 그림3이다. 그림에서 보면 正常的인 個體들에서 보다는 形態的 變異가

Table 3. Spectra and frequency of endosperm and embryo mutants induced by MNU.

Cultivar	No. of M ₁ plants tested	Mutants							Colored seed coat	Giant embryo	Total
		Dull	Waxy	White core	Floury	Sugary	Shrunken	(%)			
Hwacheongbyeo	6668	0.18	0.04	5.31	1.03	0.06	0.04	0.27	0.15	7.08	
IR 24	5026	-	-	1.07	0.04	-	0.04	0.24	0.02	1.14	

Table 4. Frequency of each mutants induced by MNU in Hwacheongbyeo.

Mutants	Frequency	
	No. of lines	Percent
White core	354	74.8
Floury	69	14.6
Colored seed coat	18	3.8
Dull	12	2.7
Giant embryo	10	2.1
Sugary	4	0.8
Waxy	3	0.6
Shrunken	3	0.6
Total	473	100.0

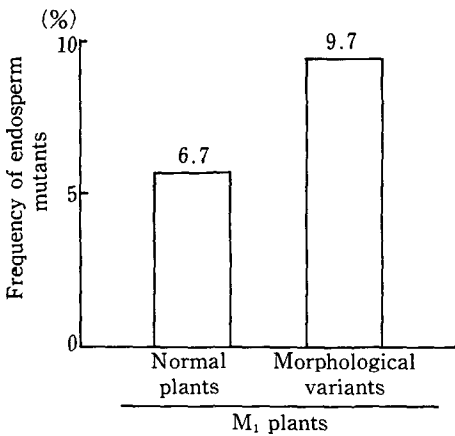


Fig. 3. Relationship between morphological variants and endosperm mutants in M_1 plants of Hwacheongbyeo.

있었던 個體들에서의 米質變異體 發生 頻도가 훨씬 높게 나타났는데, 後者は 實用的 側面에서 볼 때 利用價値가 적다고 보겠다.

MNU의 處理 濃度別로 米質 變異體 및 形態 變異體 發生 頻도를 나타낸 것이 表5이다. 表에 나타나 있듯이 MNU 濃도가 높을수록 米質 變異體의 發生 頻도가 높지만 同時에 形態 變異體의 發生 頻도도 높아지므로, 處理 目的에 따라

Table 5. Frequency of endosperm and morphological mutants induced by different concentrations of MNU in Hwacheongbyeo.

Conc. of MNU	No. of M_1 plants tested	Frequency (%) of mutants	
		Endosperm	Morphology
0.75 mM	1064	4.04	2.16
1.00 mM	913	6.24	6.79
1.25 mM	1512	11.71	17.36

適當한 濃度を 選擇해야 할 것이다.

摘要

화청벼와 IR24의 受精卵에 N-methyl-N-nitrosourea(MNU)를 處理하여 여러 種類의 胚乳 및 胚 突然變異體를 誘起하였다. 그 結果는 다음과 같이 要約된다.

1. 變異體들에 대한 外觀 特性, SEM 檢鏡 特性 및 amylose 含量 分析을 통하여 各各 dull, 찰성, 心白, 粉質, sugary, shrunken, 有色種皮 變異體들로 命名하였다.

2. 變異體들 中에서는 心白 變異體들의 比率이 74.8%로 가장 높았다.

3. 47320(dull)을 除外한 모든 變異 形質은 單純劣性 突然變異인 것으로 나타났다.

引用 文獻

- Creech, R.G., 1965. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. *Genetics* 52 : 1175-1186.
- 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 : 91-111.
- 許文會, 1986. 메벼 'Pokhareli Mashino'에서 발견된 粳안 玄米 形質의 遺傳. *韓育誌* 18(2) : 162-166.
- 許文會·文憲八, 1974. 水稻 高蛋白 系統 育成을 위한 基礎의 研究. IV. 短日 및 高溫 處理가 쌀의 amylose 含量 및 粗蛋白質 含量에 미치는 影響. *韓作誌* 14 : 129-133.
- 許文會·朴淳直, 1976. 쌀 胚乳의 amylose 含量에 미치는 Wx因子的 dosage效果. II. 雄性 不稔을 利用한 交配種子의 amylose 含量. *서울大 農學研究* 1(1) : 39-46.
- 許文會·徐學洙·金光鎬·朴淳直·文憲八, 1976. 米粒內의 蛋白質과 amylose 含量 및 Alkali 崩壞性的 環境에 따른 變異. *서울大 農學研究* 1(1) : 21-37.
- Hutchinson, C.B., 1921. Heritable characters of maize. VII. Shrunken endosperm. *J. Hered.*

- 12 : 76-83.
8. IRRI, 1978. Quality characteristics of rices grown in different countries. 30p.
 9. Kelly, V.J., 1985. Rice in infant foods. in Rice -Chemistry and Technology-, USA : 525-537.
 10. Khush, G.S., C.M. Paule and M. M. De la Cruz, 1979. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI. in Proc. of Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, IRRI : 21-31.
 11. 金容權, 1988. 벼 품종 'Pokhareli Mashino'에서 由來된 opapue 形質의 理化學的 特性과 遺傳. 서울大 博士學位論文 81p.
 12. Kumamaru, T., H. Satoh, N. Iwata, T. Omura, M. Omura, M. Ogawa and K. Tanaka, 1988. Mutants for rice storage proteins. Theor. Appl. Genet. 76 : 11-16.
 13. Matsuo, T., H. Satoh, K.M. Yoon and T. Omura, 1987. Oil content and fatty acid composition of a giant embryo mutant in rice. Japan J. Breed. 37 : 185-191.
 14. Nanda, J.S. and W.R. Coffman, 1979. IRRI's efforts to improve the protein content of rice. in Proc. of Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, IRRI : 33-47.
 15. Okuno, K., 1976. A low amylose mutant of rice. Div. Genet. Nat'l Inst. Agric. Sci. (Japan) Ann. Rep. 1 : 28-29.
 16. Okuno, K., H. Fuwa and M. Yano, 1983. A new mutant lowering amylose content in endosperm starch of rice. Japan J. Breed. 33 : 387-394.
 17. 大村 式・佐藤 光, 1980. 米の成分育種の可能性. 育種學最近の進歩 22 : 10-19.
 18. Omura, T. and H. Satoh, 1984. Mutation of grain properties in rice. in Biolgy of rice, : 293-303.
 19. Satoh, H. and T. Omura, 1979. Induction of mutation by the treatment of fertilized egg cell with N-methyl-N-nitrosourea in rice. J. Fac. Agr. Kyushu Univ. 24 : 165-174.
 20. Satoh, H. and T. Omura, 1981. New endosperm mutations induced by chemical mutagens in rice, *Oryza sativa* L. Japan J. Breed. 31(3) : 316-326.
 21. Sprague, G.F. and J.W. Dudley, 1988. Corn and Corn Improvement, 3rd ed. : 140-180, 869-880.
 22. Uchiyama, H. and K. Kaizuma, 1972. Waxy and non-waxy mutants induced by ethylene imine in rice, *Oryza sativa* L. Japan J. Breed. 22 : 111-113.
 23. Yano, M., K. Okuno, J. Kawakami, H. Satoh and T. Omura, 1985. High amylose mutants of rice, *Oryza sativa* L. Theor. Appl. Genet. 69 : 253-257.