

アルキルメタンスルフォネート及びニトロソメチルウレア によるイネの突然変異誘発に関する研究

第2報 変異遺伝子の多面発現及びポリジーン形 質の突然変異について

小野沢芳郎・塚田日出男¹⁾・岡本 進²⁾・大坂 俊

Studies on the Mutation Induction by Means of the Treatment with Methylmethane-
sulfonate, Ethylmethanesulfonate and Nitrosomethylurea in Rice

II. Pleiotropism by mutated genes and mutations in polygenic characters

YOSHIRO ONOZAWA, HIDEO TSUKADA,
SUSUMU OKAMOTO and TAKASHI ŌSAKA

緒 言

メチルメタンスルフォネート (MMS), エチルメ
タンスルフォネート (EMS), ニトロソメチルウレア (NMUA) 及びガンマー線
でイネ種子を処理した場合の当代 (M_1) の生育・稔性障害及び次代 (M_2)
での可視的突然変異の出現頻度について、前報で報告した (塚田ら
1975)。一般に、人為突然変異のうち、単一形質の変異である
場合はむしろ少なく、二つ以上の形質が同時変化し、これが
全体として遺伝する場合、すなわち、変異遺伝子の多面発現
がみられる例が多い。Gottshalk (1968, 1970) は突然変異
体が示す多面発現の原因について推論を行い、Hesemann
ら (1967) は異なる遺伝的バックグラウンド下での多面発現
遺伝子効果について知見を報告している。一方、多面発現形質
の間での相互関係について、たとえば、短稈化が短穂化を伴
う傾向をもつなど、相関がみられる場合と、そうでない場合
のあることが、半ば経験的に知られている。しかしながら、
こうした側面は、突然変異育種において重要な点である
にも拘らず、あまり検討されていないように思われる。

また、誘発原により処理を受けた自殖性作物の後代集団
には、計量形質に関する分散の増大が認められ、この

事実にもとづいてポリジーン系においても突然変異を生
じていることが確かめられている (山口 1962, 松尾ら
1964, Brock 1967, Scossiroli 1967, Brock 1972
など)。さらに、これらポリジーン形質の変異は、正負
両方向で選抜が可能であるとされている (Gaul 1967,
Scossiroli 1967)。

本報は、 M_2 ないし M_3 世代での調査結果を上述の観点か
らとりまとめたものである。

材料及び方法

M_2 で見出された突然変異型のうち、農業形質に関する
可視的突然変異 119 系統の M_2 を栽培し、 M_3 で詳細に調
査して変異の確認を行なった。稈長ならびに穂長の変異
は、10 系統ごとに配置した原品種との統計的比較によ
り判定した。出穂期については、変異幅が ±3 日以内の
もの、稔性では、稔実率が 85% 以上あるものは、い
ずれも正常型とみなした。その他の質的形質 (穂形、粒
形有芒、葉色など) については観察により判定した。さ
らに稈長変異と粒長または粒形変異との関連をみるため、
種々の程度の稈長変異 34 系統について初穂の長さ、幅
を測定した。なお、出穂期及び葉色以外はすべて成熟期
または収穫物について調べた。以上のデータにもとづいて
突然変異が確認されたものについて多面発現の様相なら
びに多面発現形質相互の関連性の観点からとりまとめた。

また、ポリジーン突然変異の存在およびその大きさを
推定するため、 M_1 において各処理区ごと約 50 系統の稈

1) 宇都宮短大附属高等学校

2) 協和種苗 KK

長、穂長及び1穂重を測定し、それらの平均および表現型分散を求めた。

実験結果

1. 変異遺伝子の多面発現

供試した119系統のうち、10系統は発芽不良その他の理由により、十分な個体数を確保できなかったので調査対象外とした。残り、109系統についてのデータによって各系統ごとの変異形質の一覧表を作成し、これをさらにまとめたものが第1表である。すなわち、これらのうちM₃世代においても変異形質を示し、突然変異と確認されたものは93系統(85%)であった。

Table 1 Result of refirmation in M₃ for mutant types selected in M₂.

Treat.	No. of mutant types tested	No. of lines	
		without mutated character	bred true
EMS	57	2	55
NMUA	13	2	11
MMS	14	3	11
γ-ray	25	9	16
Total	109	16	93

Table 2 Number of mutant lines classified for their degree of pleiotropism.

Treat.	No. of character or characters mutated simultaneously on a line							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
EMS	7	13	14	16	4		1	55
NMUA	4	2		3	1	1		11
MMS	5	3	3					11
γ-ray	5	6	4	1				16
Total	21	24	21	20	5	1	1	93
(%)	(22.5)	(25.8)	(22.5)	(21.5)	(5.4)	(1.1)	(1.1)	(100)

ついで、これら93系統を、個々の突然変異系統がもっている変異形質の数によって分類すると第2表のようになる。すなわち5形質以上に亘って多面発現しているものは少なかったが、1形質ないし4形質において変異のみられたものは、それぞれが、ほぼ、同率で存在し、これらで全体の90%以上を占めた。誘発原別では、誘発頻度が高かったEMS処理に由来する変異系統に、多

数形質において変異しているものが多く含まれる傾向がみうけられた。しかし、この点に関しては、供試系統数が十分とはいえないので確言はできない。以上のことから、突然変異の大部分が、多かれ少なかれ多面発現を示し、単一形質のみ変化している場合は、全体のおよそ $\frac{1}{5}$ に過ぎないとみることができる。

次に多面発現形質の間の関連性をみるため、種々の程度の稈長変異を含む34系統について、稈長と穂長、粒長、及び粒の長幅比との間、穂長と粒長及び粒の長幅比の間でそれぞれ相関図を画き、また相関係数を求めた。

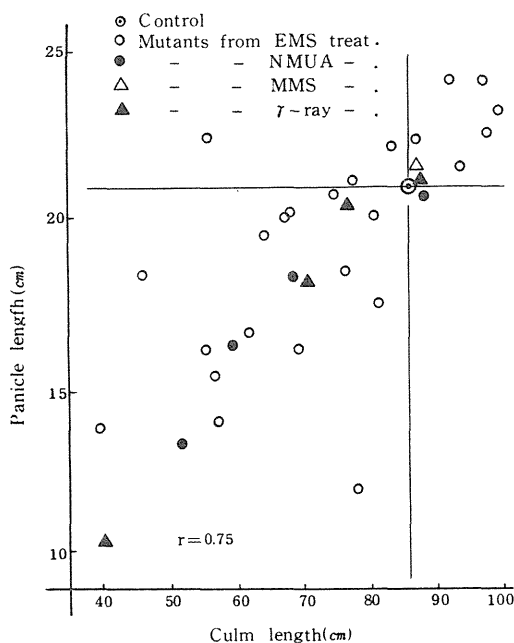


Fig.1 Correlation between culm length and panicle length

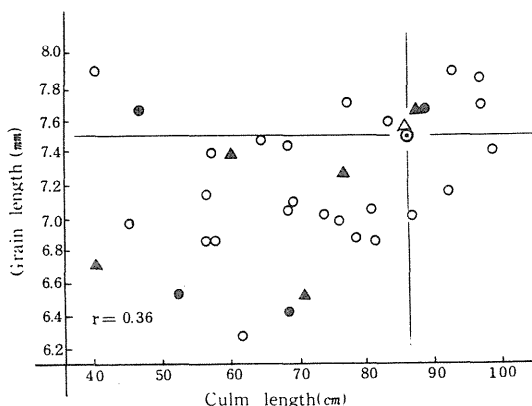


Fig.2 Correlation between culm length and grain length

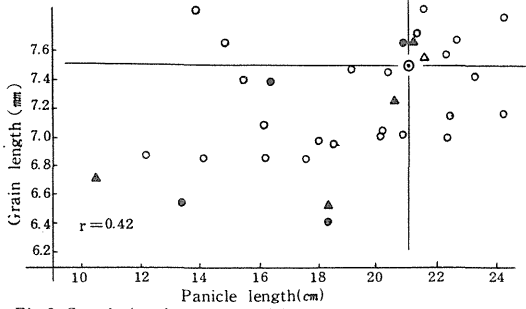


Fig.3 Correlation between panicle length and grain length

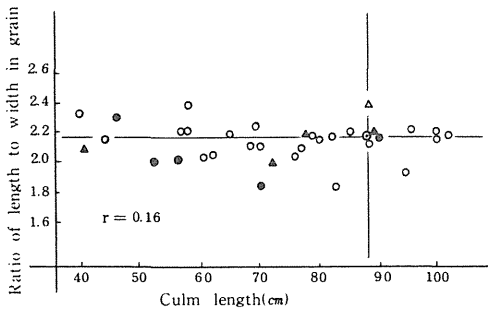


Fig.4 Correlation between culm length and the ratio of length to width in grain

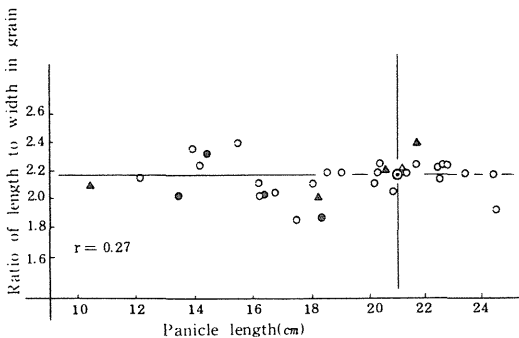


Fig.5 Correlation between panicle length and the ratio of length to width in grain

その結果は第1～5図の通りである。これらの図から、稈長—穂長では高い相関が、稈長—粒長及び穂長—粒長では中程度の相関が認められるが、稈長—粒の長幅比及び穂長—粒の長幅比では、ともに殆んど無相関であることがわかる。すなわち、稈長の伸縮に応じて穂長ならびに粒長も伸縮する傾向のあることを示している。しかしながら個別的にみると、短稈化ないしは矮性が穂長の短縮を伴わないものが数系統あった。著明な例として1稈長が原品種より約40%短くなったにも拘らず、穂長は逆に7%長くなった1系統が存在した。また、稈

長に変化なく、穂のみが長くなったものも認められた。

以上のほか、前報においても触れたが、これらの計量形質に関しては、短くなる方向への変異が多く、長くなる方向への変異は小数であること、また、EMS処理に由来する突然変異は出現数も多いが、変異の幅も大であることが認められた。

2. ポリゾン系の突然変異

M₂穂別系統集団での計測値から求めた稈長、穂長及び1穂重の平均、系統間分散ならびに系統内分散は第3表

Table 3 Mean and phenotypic variance of quantitative characters in M₂ populations.

Character	Treat.	Mean	Mean square for	
			between lines	within lines
Culm length	Cont.	81.9(cm)	—	13.029
	EMS	78.3	139.607 **1)	35.175 ** 2)
	NMUA	81.0	64.989 **	20.690 **
	MMS	80.2	123.080 **	16.452
	γ-ray	81.5	234.117 **	15.123
Panicle length	Cont.	22.4(cm)	—	1.993
	EMS	21.9	8.639 **	5.052 **
	NMUA	22.3	7.740 **	2.719 *
	MMS	22.0	11.123 **	2.213
	γ-ray	22.3	10.007 **	2.246
Panicle weight	Cont.	3.31(g)	—	0.185
	EMS	2.75	1.462 **	0.541 **
	NMUA	3.12	0.517 *	0.348 **
	MMS	3.23	0.428	0.369 **
	γ-ray	3.27	0.692 **	0.265 *

*, **: Significant difference at 5% or 1% level respectively

1): T₀ within lines

2): T₀ control

の通りである。平均値は、どの処理、どの形質においても無処理よりも減少した。その程度はEMS処理で特に著しかった。系統間分散をその系統内分散と比べると、MMS処理の1穂重以外は、すべて有意に大であった。また、処理の系統内分散は、3形質とも無処理のそれより大となり、そのうち、1穂重はすべての処理で、稈長及び穂長はEMS及びNMUA処理において、それぞれ有意に増大した。特にEMS処理で著しく、無処理の

2.5 倍ないし3倍に達した。

考 察

1. 突然変異の育種の利用と多面発現との関係

本実験の結果から、主動遺伝子の変異にもとづく可視的突然変異においては、その大部分に多面発現がみられ、単一形質で変異している場合はむしろ少ないことが知られる。従来、突然変異育種が最も適合する場面の1つに、一応のレベルにある実用品種の特定の形質について、さらに改良が望まれる場合があげられている。わが国において突然変異育種によって育成された品種をみると、原品種は一応の経済品種であり、その短稈化、早生または稈の強化など、単一形質の改良に成功した例がその多くを占めている。世界的にみても、すでに過去において育種の進んだ禾穀類を対象とする突然変異育種に同じ傾向をみる事ができる。

特定形質の改良の早道として突然変異育種が計画される場合、変異体の捕捉が容易であり、したがって変異出現率の高い形質（草丈、開花期など）では、適当な規模で行われれば、本実験の結果に照して、目的を達しうる可能性は十分にあると考えられる。しかし本来、変異出現率が高くない形質では、多面発現のない希望型が得られる確率は一層低くなることに留意する必要がある。

Gottshalk (1968, 1970)は、突然変異で単一形質のみが変化する場合の少ないことを認め、多面発現の原因に触れて、理論的には次の三つの可能性があるとした。

- 1) 単独の変異遺伝子が全部の変異に関与している場合で真の多面発現ともいべきもの。
- 2) いくつかの遺伝子を含む染色体の一部が失われた場合。
- 3) いくつかの近接した遺伝子が同時に変異した場合。

Gottshalk によれば、前記1)または2)による多面発現で、不良形質が含まれていれば、これを除去することは不可能であり、したがって、これら変異体を交配母本に用いることも無意味となる。3)の場合は、crossing-over が起こることによって、望ましくない形質を切り離すことは可能であるが、遺伝子座が近接しているから、それが起こる確率は高くない筈である。Gottshalk は多面発現として説明される多くの例が、この近隣座位における同時変異に起因するものと予想した。

一般に、希望する形質をもつ突然変異が不良形質を伴っていて、そのまま利用できない場合、これを交配母本として間接利用を計るのが現在の考え方である。しかし上述の観点に立てば、これが成功する場合は、極く限られると考えざるを得ない。また何よりも交雑の結果を注意深く分析することによって多面発現の遺伝的原因を確める必要があるといえる。

次に、多面発現形質の相互関係に関する結果は、突然変異の育種の利用の立場から、いくつかの興味ある問題を含んでいるように思われる。ここでは、稈長の伸縮は、少なくとも、穂長及び粒長の伸縮を伴う傾向のあることが示された。したがって、穂長の短縮を収量性について負の要因と仮定すれば、収量を維持しつつ、短稈化することの困難性が予想される。しかし、すでに指摘したように多数の短稈突然変異が得られれば、この回帰から望ましい方向にはずれる変異も期待できることが示されている。すでに、同じ稈長を支配する主動遺伝子でも、それぞれ稈の、どの部分に作用するかで異なっている事実が知られている。同様に遺伝子効果が多面的であるものと、そうでないものとが存在するのである。

稈長と粒型との関係について、著者らは、大黒型で象徴されるような、矮性化に伴う円粒化を予想したが、稈長と粒の長幅比とは相関はなく、この予想は当たらなかった。一方、稈長一粒長間では、やはり相関ありと認められたから、短稈化ないし矮性化は、小粒化をもたらすと考えることができよう。しかし山口(1962)は粒の長さとの間の相関係数は0に近く、両者は無関係に変異すると述べている。

2. ポリジーン突然変異について

ポリジーン系の突然変異にもとづく計量形質の変動に関して、本実験の結果から、多くをいうことはできないが、この課題については、緒言で解れたように、ムギ類などを研究材料とした比較的数多くの報告が寄せられている。これらの報告において共通的に指摘されている点は、1)処理区の平均値が低くなり、2)表現型分散が増大する、3)この分散の増大は遺伝分散の寄与による、4)しかし分散は世代の経過とともに減少する、5)正負両方向での選抜に反応することである。本実験の範囲においても平均値の減少と分散の増大は明瞭に認められた。また、平均値、分散ともに、可視的突然変異の出

現頻度の高かった EMS 処理において大であったことから誘発原の効果の大小は主動遺伝子，ポリジーン両者の間で平行的であると推定される。

本研究の遂行及びとりまとめに当り，谷口晋，関口文彦の両氏に多大の協力を受けた。記して謝意を表する。

文 献

- 1) Brock, R.D. : Rad. Bot., 7, 193(1967)
- 2) Brock, R.D., H.F.Shaw and D.F.Callen : Induced Mutations and Plant Improvement, P.317 (1972)IAEA
- 3) Gaul, H. : Induzierte Mutationen und ihre Nutzung, P.169(1967)Akademie-Verlag
- 4) Gottschalk, W. : Mutation in Plant Breeding II,P. 97(1968)IAEA
- 5) Gottschalk,W. : Manual on Mutation Breeding P. 128(1970)ibid.
- 6) 松尾孝嶺・小野沢芳郎・塩見正衛：育種学雑誌 14, 173 (1964)
- 7) Scossiroli, R.E. :Induzierte Mutationen and ihre Nutzung, P. 283(1967)Akademie-Verlag
- 8) 塚田日出男・関口文彦・谷口晋・小野沢芳郎 茨大農学術報告, №23,1(1975)
- 9) 山口彦之：育種学雑誌, 12,93(1962)

Summary

In prveious paper we have reporetd with respect to the frequencies of visible mutations found in M_2 after seed treatment of rice with methylmethanesulfonate (MMS), ethylmethanesulfonate (EMS), nitrosomethylurea (NMUA) and r-ray. In present study a made of pleiotropisms observed in M_3 lines of these mutants were analyzed, and the appearance of polygene mutations that may contribute to the increasing variability of quantitative characters in M_2 population was also tested.

Pleiotropisms were observed at 72 lines out of 93 mutant lines analyzed and only remaining 21 lines appeared to mutate in single character (Table 2), further, correlations, to some extent, between quantitative characters such as culm length, panicle length and grain length were found (Fig. 1-5). This must be an unfavorable phenomenon for mutation breeding because the shortening of culm length may lead to short panicle. Actually, however, some of deviated types as with short culm and nomal or rather larger panicle have occured.

As to polygene mutation there were decreasing mean values and increasing variances in the quantitative charracters as culm length, panicle length and panicle weigt (Table 3) This seems to be almost the same with that has been reported by many workers in other plant species.

Based on the results described above, their significances for mutation breeding were discussed and it was emphasized that pleiotropic gene action has a particular importance when a mutant is used as a material for further breeding work.