



Title	イネ葯培養へのガンマー線照射により生じた突然変異体の遺伝
Author(s)	高牟禮, 逸朗; TAKAMURE, Itsuro; 木下, 俊郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 18(4), 437-446
Issue Date	1993-11-29
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12156
Type	departmental bulletin paper
File Information	18(4)_p437-446.pdf



イネ薬培養へのガンマー線照射により生じた 突然変異体の遺伝*

高牟禮逸朗・木下俊郎

(北海道大学農学部植物育種学講座)

(平成5年5月24日受理)

Inheritance of Six Kinds of Mutants Induced by Gamma-Ray Irradiations to Anther Culture of Rice

Itsuro TAKAMURE and Toshiro KINOSHITA

(Plant Breeding Institute, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

I. 緒 言

放射線や化学物質を用いて人為的に誘発した突然変異体や組織培養により生じたソマクローナル変異体を育種に応用する試みが進んでいる。しかし、一般に突然変異の方向はランダムで、スペクトラムの制御が困難なことから、目的とする変異形質を選抜するためには、母集団を大きくしたり、突然変異率を向上させることやソマクローナル選抜のように細胞レベルで耐性個体を選抜するといった手法が必要となる。木下ら¹⁾はさきにイネの薬培養系にガンマー線照射を加え、突然変異を高頻度で誘発させることに成功した。今回は、この実験によって作出した変異体の M_5R_5 世代を供試して、一般特性の変異について検討すると共に変異形質の遺伝を調べた。

II. 材料および方法

供試材料の AT 系統はいずれも北海道品種「キタアケ」の薬培養より再生した doubled haploid である。ガンマー線照射は置床直後の薬および薬培養から生じた薬カルスにそれぞれ 0.5 kR/min, 1.0 kR/min の線量率で1分間の急照射を行った区および 200 R/hr の線量率で 100 および 150 時間の緩照射を行った 4 処理区と薬培養のみの無処理区を設け

た。ガンマー線照射は北海道大学理工系 RI センターで実施し、薬培養は北海道立上川農業試験場で行った。再分化当代 (M_1R_1) は上川農試温室内で保護栽培し、個体毎に採種した。また、1988 年には M_2R_2 系統を上川農試の水田で、1989 年には M_3R_3 系統を北大農学部の実験水田にそれぞれ栽植して、特性を調べた。

本実験では、 M_2R_2 での変異株を自殖させた後代の 49 種の AT 系統 (M_5R_5 世代) を供試し、特性調査を行った。また、顕著な変異形質については、原品種のキタアケや標識遺伝子型系統と交雑して、遺伝子分析を行った。

供試材料は 1991 年 4 月下旬から 5 月上旬に温室内で播種し、ビニールハウスで育苗後、5 月下旬から 6 月上旬に北大農学部実験水田に一株一本植えて移植し、慣行法により栽植した。特性調査については 49 系統の AT 系統と原品種のキタアケを供試し、2 反復の乱塊法で 1 反復につき 18 個体を栽培した。出穂日は水田で、他の形質(稈長、節間長、穂長、穂数、籾長、籾幅、種子稔性、一穂穎花数)については収穫後、各系統につき 4 個体の調査を行った。籾長、籾幅については 1 個体当たり 5 粒ずつマイクロメーターを用いて 0.1 mm 単位まで測定し、平均値を算出した。なお組換価の計算には最尤法²⁾を用いた。

* 北海道大学農学部植物育種学教室業績

III. 実験結果

A. M_5R_5 世代における特性

供試した 49 種の AT 系統は各形質共に系統内変異が小さく、選抜と自殖を重ねた結果はほぼ固定していることがわかった。各形質についての系統間変異を示す頻度分布を Fig. 1 に示した。種子稔性を除

く各形質では「キタアケ」の数値をモードとして正規分布に近い変異を示した。稈長については「キタアケ」(52.2 cm) に比べて極矮性(28.7 cm) からやや長稈(65.8 cm), 穂長については「キタアケ」(14.7 cm) に対して短穂(9.9 cm) からやや長穂(17.2 cm), 穂数については「キタアケ」(12.1 本) に対して少分けつ(2.0 本) からやや多分けつ(23.2

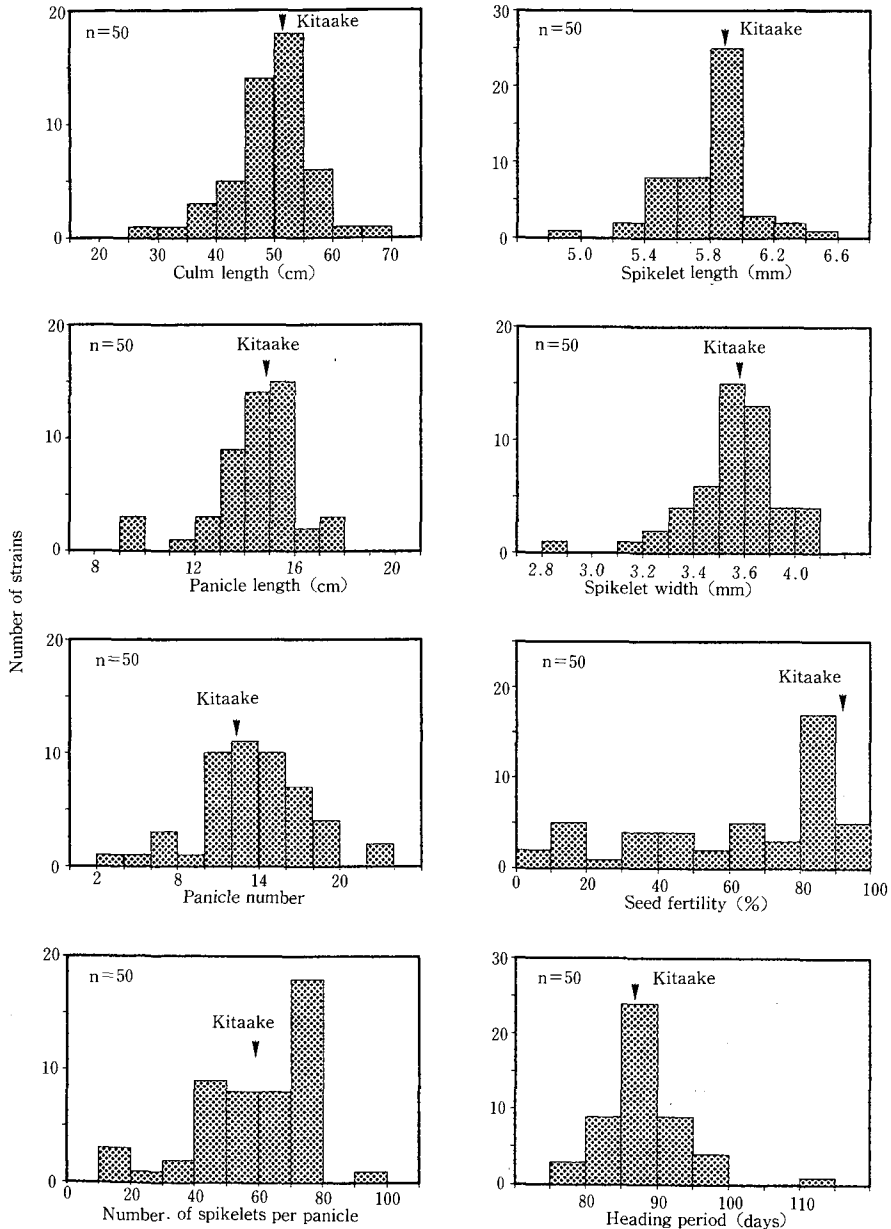


Fig. 1. Frequency distributions of several characters in AT lines.

Table 1. Effect of gamma-ray irradiation to anther and anther callus

Treatment	No. of M_2R_2 lines	No. of M_5R_5 Lines			Frequency of mutant lines (%)		
		Normal (fix.)	mutant (fix.)	Total	M_2R_2 mutants / M_2R_2	M_3R_3 mutants / M_2R_2	M_5R_5 mutants / M_2R_2
Anther							
0.5 kR	57	0	6	6	36.8	5.3	10.5
1.0 kR	9	0	2	2	55.6	22.2	22.2
20 kR	31	0	9	9	61.3	16.1	29.0
30 kR	13	0	3	3	61.5	38.5	23.1
Anther callus							
0.5 kR	51	1	1	2	29.4	3.9	2.0
1.0 kR	21	0	3	3	33.3	14.3	14.3
20 kR	23	0	10	10	78.3	43.5	43.5
30 kR	30	1	10	11	80.0	50.0	33.3
Anther culture							
Non-irrad.	36	0	3	3	38.9	8.3	8.3
Control	23	1	0	1	0.0	0.0	0.0

Table 2. Frequency of mutant characters

Character	Treatment			Total
	Gamma-irrad.		Non-irrad.	
	Anther	Anther callus	Anther culture	
Culm length				
+	0 (0) ²⁾	0 (0)	1 (33)	1 (2)
-	5 (25)	8 (31)	0 (0)	13 (27)
Panicle length				
+	1 (5)	2 (8)	0 (0)	3 (6)
-	4 (20)	4 (15)	0 (0)	8 (16)
Panicle number				
+	4 (20)	4 (15)	0 (0)	8 (16)
-	4 (20)	2 (8)	1 (33)	7 (14)
Number of spikelets per panicle				
+	4 (20)	2 (8)	1 (33)	7 (14)
-	3 (15)	6 (23)	0 (0)	9 (18)
Spikelet length				
+	5 (25)	2 (8)	0 (0)	7 (14)
-	2 (10)	6 (23)	0 (0)	8 (16)
Spikelet width				
+	6 (30)	3 (12)	2 (67)	11 (22)
-	5 (25)	6 (23)	1 (33)	12 (24)
Sterility	8 (40)	18 (69)	1 (33)	27 (55)
Late heading	0 (0)	1 (4)	0 (0)	1 (2)
Stripe	0 (0)	1 (4)	0 (0)	1 (2)
Brown leaf spot	1 (5)	1 (4)	0 (0)	2 (4)
Brittle culm	0 (0)	1 (4)	0 (0)	1 (2)
Number of M_5R_5 lines examined	20	26	3	49

¹⁾ + ; Increased. - ; Decreased.

²⁾ Percentage to the mutant lines examined in M_5R_5 .

本), 一穂穎花数については「キタアケ」(59.6粒)に対して疎穂(17.6粒)からやや密穂(92.4粒), 籾長は「キタアケ」の5.89 mmに対して4.98 mmから6.25 mm, 籾幅は「キタアケ」の3.59 mmに対して2.89 mmから3.82 mm, 種子稔性については「キタアケ」(94.3%)に対して強度の不稔(0.3%)から完全稔性(92.8%), 到穂日数については「キタアケ」(87.7日)に対してやや早生(76.4日)から晩生(112.0日)に至る幅広い変異が認められた。

「キタアケ」と各AT系統との間で分散分析を行い, 有意差が見出された場合には新たな遺伝変異を生じたと考え, 変異源処理別に変異体の出現頻度をTable 1に示した。総線量が0.5 kRと1.0 kRの急照射区よりも20 kRと30 kRの緩照射区でより多くの変異体を生じ, 急照射区ではガンマー線総線量の増加に伴い変異体の出現頻度が増大したが, 緩照射区では30 kRよりも20 kRの方で変異体の出現頻度がやや増大した。葯と葯カサの比較では0.5 kRと1.0 kRの区では大きな差はみられなかったが, 20 kRと30 kRの区では葯よりも葯カサ照射の方が変異体を高頻度で生じた。緩照射の20 kRの方が30 kRよりも変異体の出現頻度が高くなった結果を除けば, M_2R_2 代や M_3R_3 代の調査とほぼ同様の結果が得られたことになる。一方, 葯培養のみを行った区でも0.5 kRの急照射区と同程度の変異体を出現した。これは純粋なガメトクローナル変

異によると考えられる。

M_5R_5 世代の特性を M_2R_2 , M_3R_3 世代と比較するとほとんどの系統においてほぼ同一の方向への変異を示したことからこれらのAT系統にみられる特性はいずれも遺伝変異であると考えてよい。

各形質について変異を生じた頻度を算出したところ(Table 2), 不稔性を最も高頻度に生じた。稈長および穂長に関しては減少方向の変異, すなわち矮性および短穂の変異が多く, 増加方向への変異は少なかった。穂数, 一穂穎花数, 籾長および籾幅については増加と減少の両方向へ同程度に変異した。また, 低頻度ではあるが晩生, 葉緑素異常, 褐斑葉, 鎌いらす等の標識形質も生じた。

B. 変異形質の遺伝

49種のAT系統のうち, 本実験では明らかな突然変異形質を有する6系統について遺伝子分析を行った。なお, これらの変異系統並びに「キタアケ」の稈長等の平均値をTable 3に示した。

分けつ矮性(AT-49)

AT-49を原品種の「キタアケ」と比較すると, 稈長, 穂長, 籾幅, 一穂穎花数および種子稔性については有意に減少し, 穂数では約90%の増加が認められた。短稈, 短穂で穂数が著しく増加するといういわゆる分けつ矮性型のAT-49と3種の検定系統との交雑の F_1 個体はすべて正常型となり, 「キタ

Table 3. Comparison of some characters between Kitaake and 6 mutant lines

Line	Treat.	Character ¹⁾							
		CL (cm)	PL (cm)	PN	SL (mm)	SW (mm)	NS	SF (%)	HP (days)
Kitaake	Cntrol	52.2 (100)	14.7 (100)	12.1 (100)	5.89 (100)	3.59 (100)	59.6 (100)	94.3 (100)	87.7 (100)
AT-49	30 kR Anther	36.9** (68)	13.3* (91)	23.2** (192)	5.79 (98)	3.28** (91)	17.6** (30)	75.4* (80)	86.6 (99)
AT-52	30 kR Anther	51.3 (98)	14.3 (97)	10.6 (88)	5.97 (101)	3.67* (102)	51.8 (87)	89.2* (95)	91.5 (104)
AT-127	1.0 kR Anther	48.3 (93)	9.9** (67)	13.3 (110)	5.37** (91)	3.43 (96)	17.8** (30)	87.6 (93)	91.8 (105)
AT-130	20 kR Callus	50.0 (96)	13.7* (93)	16.6* (137)	4.98** (85)	2.87** (80)	77.3* (130)	39.8** (42)	112.0* (128)
AT-173	30 kR Callus	32.7** (63)	9.3* (67)	5.8* (47)	5.38* (91)	3.48 (97)	21.7** (36)	1.2** (1)	92.3 (105)
AT-307	0 kR	48.1 (92)	13.0* (88)	12.6 (104)	5.88 (100)	3.62* (101)	49.3 (83)	89.5 (95)	87.8 (100)

¹⁾ CL; Culm length, PL; Panicle length, PN; Panicle numbers., SL; Spikelet length, SW; Spikelet width, NS; Number of spikelets per panicle, SF; Seed fertility, HP; Heading period.

*, **; Significantly different from Kitaake at the 5% and 1% levels, respectively.

アケ」および ws-5 と交雑した F₂ 集団では、正常型：分矮型をほぼ 3：1 に分離した。また、H-79 と交雑した F₂ 集団では、正常型：分矮型をほぼ 15：1 に分離した (Table 4)。これらのことから、AT-49 の分げつ矮性には重複遺伝子が関与しており、2 重劣性が分げつ矮性型を示す。したがって「キタアケ」および ws-5 はそれらのうちの一对を劣性ホモに有していたと推定される。これらの結果から AT-49 は「キタアケ」から単純劣性の突然変異として生じたと考えられる。この遺伝様式は *d-3*, *d-4*, *d-5* の 3 重劣性に基づく既知の分げつ矮稲の場合に類似しており、今後遺伝子同定を行う必要がある。

褐斑葉 (AT-52)

AT-52 は葉身や葉鞘に小型の褐色斑を有し、その周辺にしみのように葉緑素異常の広がる褐斑型で、幼苗時から生育期間を通じて発現している。AT-52 を原品種の「キタアケ」と比較すると籾幅はやや増加し、種子稔性がやや減少したが、他の農業形質には大きな相異がみられなかった。AT-52 と正常型系統とを交雑した F₁ 個体はすべて正常型を示した。F₂ 集団ではいずれの交雑組合せでも、正常型：褐斑型をほぼ 3：1 の比に分離したので、AT-52 の有する褐斑葉は単純劣性遺伝子によって支配されている (Table 5)。以上の結果より、AT-52 の褐斑型は「キタアケ」から単純劣性の突然変異として生じたと考えられる。他の褐斑葉遺伝子との

対立性検定では、すでに *bl(t)* を有することがわかっている 83 N 1177 系統との交雑の F₁ が正常型となり、F₂ 集団では 2 重劣性型の区別が不明瞭なために、正常型：褐斑型をほぼ 9：7 に分離した。したがって、少なくとも AT-52 と 83 N 1177 の有する褐斑葉遺伝子は互いに独立関係にある。

短穂性 (AT-127)

AT-127 と原品種の「キタアケ」とを比較すると、穂長では 37%、一穂穎花数では 70% の減少がみられた。AT-127 と正常型または他の標識遺伝子を有する系統である A-32, H-69, H-79, H-165, H-289 との交雑組合せの穂型については、F₁ 個体が全て正常型を示し、F₂ 集団では正常型：短穂性を 3：1 に分離した (Table 6)。したがって、短穂には単純劣性遺伝子が関与している。一方、既知の *sp* (短穂) を有する ws-5 との交雑組合せでは、F₁ 個体ならびに F₂ 集団の全個体がすべて短穂型となったことから、AT-127 の有する短穂遺伝子は少なくとも *sp* と同座であることが明らかになった。

晩生小粒型 (AT-130)

AT-130 と原品種の「キタアケ」とを比較すると、穂長、籾長、籾幅、種子稔性は有意に減少し、逆に穂数、一穂穎花数、到穂日数は増加した。特に籾長は「キタアケ」より 15%、籾幅は 20% 減少し、また到穂日数は「キタアケ」と比べて約 24 日遅くなり、これらの 3 種の形質は今回供試した 49 系統中で最も顕著な変化を示した。AT-130 へ「キタアケ」と 3

Table 4. Inheritance of dwarfness in F₂ populations derived from the crosses between AT-49 and linkage testers

Cross combination		F ₂ segregation		Total	Goodness of fit		
		Normal	dwarf		Ratio	χ^2	p
AT-49 × Kitaake	Obs.	84	22	106	3 : 1	1.02	0.40—0.30
do. × H-79	Obs.	238	9	247	15 : 1	2.86	0.10—0.05
ws-5 × AT-49	Obs.	93	34	127	3 : 1	0.21	0.70—0.60

Table 5. Inheritance of brown leaf spot in F₂ populations derived from the crosses between AT-52 and linkage testers

Cross combination		F ₂ segregation		Total	Goodness of fit		
		Normal	brown leaf spot		Ratio	χ^2	p
AT-52 × kitaake	Obs.	196	70	266	3 : 1	0.25	0.70—0.60
do. × 83N1177	Obs.	76	52	128	9 : 7	0.51	0.50—0.40
do. × A-58	Obs.	72	27	99	3 : 1	0.27	0.70—0.60

Table 6. Inheritance of short panicle in F₂ populations derived from the crosses between AT-127 and linkage testers

Cross combination	F ₂ segregation			Total	Goodness of fit		
	Normal	short panicle			Ratio	χ^2	p
AT-127 × A-32	Obs.	46	11	57	3 : 1	0.99	0.40—0.30
do. × H-69	Obs.	151	44	195	do.	0.62	0.50—0.40
do. × H-79	Obs.	46	25	71	do.	3.95	0.05—0.025
do. × H-165	Obs.	76	25	101	do.	0.00	>0.95
do. × H-289	Obs.	256	83	339	do.	0.05	0.90—0.80
ws-5 × AT-127	Obs.	0	45	45			

種の標識遺伝子系統 (H-82, H-120, H-289) をそれぞれ交雑した F₁ 個体は全て正常型を示した。各交雑組合せの F₂ 集団では、水田での肉眼観察により正常型：小粒型をほぼ 3 : 1 の比に分離した。したがって、AT-130 の有する小粒性には単純劣性遺伝子が関与している (Table 7)。また、「キタアケ」との交雑の F₂ 集団において出穂日を調査したところ小粒性と晩性は常に相伴い、両形質は同一遺伝子の多面作用によるか、小粒と晩性に対する遺伝子とは互いに密接に連鎖していると考えられる。

AT-130 と「キタアケ」との交雑の F₂ 集団における籾長、籾幅の頻度分布を Fig. 2 に示した。籾長については連続的な変異を示したが、籾幅は 2 頂分

布となり、正常型：小粒型の分離と一致した。また、AT-130 と「キタアケ」並びに AT-130 と夷型矮性遺伝子 (*d-2*) を有する H-82 との交雑の各 F₂ 集団におけるそれぞれの表現型の籾長、籾幅の平均値と標準偏差を Table 8, 9 に示した。「キタアケ」との交雑組合せでは小粒型は正常型に比べて籾長では 8%、籾幅では 18% 程度減少し、親系統同士を比較した場合よりも籾長の減少はあまり顕著でなかった。H-82 との交雑組合せでは籾長について *d-2* による効果のため *d-2* 型が 7% 減少し、2 重劣性型では約 17% も減少した。今回の小粒遺伝子と *d-2* は相加的に籾長を減少させる一方、籾幅については *d-2* による効果はみられず、小粒遺伝子の作用の

Table 7. Inheritance of minute kernel in F₂ populations derived from the crosses between AT-130 and linkage testers

Cross combination	F ₂ segregation			Total	Goodness of fit		
	Normal	minute			Ratio	χ^2	p
AT-130 × Kitaake	Obs.	178	35	213	3 : 1	8.34	0.005—0.001
do. × H-82	Obs.	212	53	265	do.	3.53	0.10—0.05
do. × H-289	Obs.	223	64	287	do.	1.12	0.30—0.20

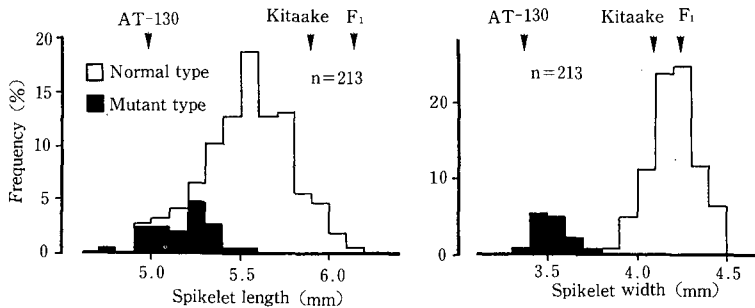
**Fig. 2.** Frequency distributions of spikelet length and width in F₂ population of the cross AT-130 × Kitaake.

Table 8. Comparison of spikelet length between phenotypes segregated in F₂ populations of the crosses, AT-130 × Kitaake and AT-130 × H-82

Cross combination	Grain size Plant type	Normal		Minute	
		+	<i>d-2</i>	+	<i>d-2</i>
AT-130 × Kitaake		5.60±0.21 ¹⁾ (100) ²⁾		5.17±0.17 (92)	
AT-130 × H-82		5.75±0.22 (100)	5.34±0.26 (93)	5.21±0.31 (91)	4.77±0.22 (83)

¹⁾ Mean. ± S. D. (mm).²⁾ Percentage to that of normal type (++).**Table 9.** Comparison of spikelet width between phenotypes segregated in F₂ populations of the crosses, AT-130 × Kitaake and AT-130 × H-82

Cross combination	Grain size Plant type	Normal		Minute	
		+	<i>d-2</i>	+	<i>d-2</i>
AT-130 × Kitaake		3.69±0.12 ¹⁾ (100) ²⁾		3.06±0.13 (82)	
AT-130 × H-82		3.44±0.14 (100)	3.43±0.14 (100)	2.85±0.13 (83)	2.86±0.14 (83)

¹⁾ Mean. ± S. D. (mm).²⁾ Percentage to that of normal type (++).

みが認められた。

鎌いらず (AT-173)

AT-173 は茎葉が脆弱化を示すいわゆる鎌いらずであり、生育不良も伴っていた。AT-173 と原品種の「キタアケ」を比較すると稈長、穂長、穂数、一穂穎花数については30%から60%減少し、種子稔性はきわめて低かった。AT-173×正常型のH-289との交雑F₁ 個体は正常型を示し、F₂ 集団では正常型：鎌いらず型をほぼ3：1の比に分離したことから、AT-173 の有する鎌いらずには単純劣性遺伝子が関与していた。H-79 の有する *bc-1* との対立性検定ではAT-173×H-79 のF₁ が正常型を示し、F₂ 集団においては正常型：鎌いらず型をほぼ9：7に分離したことから、AT-173 の有する鎌いらず遺伝子は少なくとも *bc-1* とは独立関係にあることが

明らかになった (Table 10)。また、*bc-1* とは異なり生育不良を伴うような多面作用を有していた。

穂先端部穎發育不全 (AT-307)

AT-307 では穂の先端に着生する穎花の退化を示すのが特徴である。AT-307 と原品種の「キタアケ」を比較すると、穂長と一穂穎花数がそれぞれ12%、17%減少し、他の形質について大きな差異はみられなかった。AT-307 と「キタアケ」および9種の標識遺伝子系統 (N-133, N-173, H-69, H-120, H-210, H-289, A-58, Mutant-1, ML-33) との交雑のF₁ 個体はいずれも正常型を示し、F₂ 集団では正常型：穎發育不全型を3：1に分離した。したがって、単純劣性遺伝子の関与していることが明らかになった (Table 11)。この形質も多面作用として穂長と一穂穎花数を減少させる作用効果を伴った。

Table 10. Inheritance of brittle culm in F₂ populations derived from the crosses between AT-173 and linkage testers

Cross combination		F ₂ segregation			Goodness of fit		
		Normal	brittle culm	Total	Ratio	χ ²	p
AT-173 × H-79	Obs.	69	75	144	9 : 7	4.06	0.05—0.01
do. × H-289	Obs.	103	30	133	3 : 1	0.42	0.60—0.50

Table 11. Inheritance of reduced spikelets on the tip of panicle in F₂ populations derived from the crosses between AT-307 and linkage testers

Cross combination		F ₂ segregation		Total	Goodness of fit		
		Normal	reduced panicle		Ratio	χ^2	p
AT-307 × Kitaake	Obs.	75	22	97	3 : 1	0.28	0.60-0.50
do. × N-173	Obs.	61	29	90	do.	2.50	0.20-0.10
do. × N-133	Obs.	60	17	77	do.	0.35	0.60-0.50
do. × H-120	Obs.	57	21	78	do.	0.15	0.70-0.60
do. × H-210	Obs.	76	30	106	do.	0.62	0.50-0.40
do. × H-289	Obs.	119	28	147	do.	2.78	0.10-0.05
do. × A-58	Obs.	63	21	84	do.	0.00	1.00
do. × Mutant-1	Obs.	137	44	181	do.	0.05	0.90-0.80
do. × ML-33	Obs.	52	10	62	do.	2.60	0.20-0.10
H-69 × AT-307	Obs.	131	28	159	do.	4.63	0.05-0.01

IV. 考 察

これまでにも組織培養と変異源処理を組合わせて突然変異を誘発させたり、細胞選抜を行う試みがなされている。SWANSON ら³⁾は *Brassica napus* の小孢子へ ENU (エチルニトロソウレア) 処理あるいはガンマー線照射を行って再生個体から除草剤耐性株を得ることに成功した。また、NOVAK ら⁴⁾はトウモロコシを材料に未熟種子の培養とガンマー線照射とを組合せて、ソマクローナル変異へガンマー線誘発の変異を加えることにより高頻度で突然変異体を誘発させた。

本実験では、イネの葍培養とガンマー線照射とを組み合わせ、M₅R₅ 世代において変異型に固定した系統を用いて、まず、一般農業特性の変異を調べた。その結果、変異形質はすべて固定しており、供試した 49 種の AT 系統のうち 47 種で親系統のキタアケから何らかの形質について異なっていた。特に、葍カルスに 20 kR を照射した区では、全再生個体の 43.5% に突然変異を生じていたことになる。したがって、遺伝的変異を拡大する方法として、葍培養とガンマー線照射の組合せは有効であったと考えられる。誘発された変異形質では不稔性が最も高頻度を占めたが、調査を行った 9 種の形質のすべてに何らかの変異が見出された。

供試した AT 系統中から 6 種の明らかな突然変異形質を有する変異系統について遺伝子分析を行った。遺伝様式はいずれの変異形質でも「キタアケ」から単純劣性遺伝子の突然変異として生じたことが

明らかになった。

分矮型に関する遺伝子としてはこれまで *d-3*, *4*, *5*, *d-10*, *d-14*, *d-17*, *d-27*, *d-33* があるが、今回の AT-49 はやや株の展開する特徴を有し、他の分矮系統よりも穂数の増大は顕著でなかった。おそらく新しい分矮型と推定されるが、さらに既知の分矮遺伝子との対立性検定が必要である。

褐斑葉突然変異について対立性検定を行ったところ、JODON のマーカーである 83 N 1177 の *bl(t)* とは異なることが明らかになった。なお現在まで報告されている褐斑葉遺伝子はこの外にも多数あるので、今後これらの遺伝子との対立性検定が必要である。

短穂型突然変異に関する遺伝子は *sp* と同座であることが判明した。自然変異として生じた遺伝子がソマクローナル変異として再び生じたことは興味深い。

晩生で小粒型の AT-130 は小粒方向へ作用する主働遺伝子の支配を受けていた。既知の不完全優性遺伝子、*Mi*^{5,6)} や短粒化の多面作用を有する矮性遺伝子 (*d-1*, *d-7*, *d-11*, *d-13*, *d-30*)⁷⁾ との作用性とは異なるようであるが、なお今後の同定実験を必要とする。今回の AT-130 の小粒遺伝子は粒長よりも粒幅の減少作用が顕著であり、また、晩生、穎花数の増大等の多面作用を伴う特徴を有している。

AT-173 の有する鎌いらずは、これまでの *bc-1* とは遺伝子座が異なっていた。また、脆弱程度は *bc-1* よりも顕著で、生育不良や種子稔性の低下を

伴った。今後、*bc-2* や *bc-3* との対立性検定を行う必要がある。

穂の先端に着生する穎花の発育不全は、既報の *lax*⁸⁾、*Ur-1*、*Dn*⁹⁾ でも生じるが、AT-307 とは形態的に全く異なっていた。今後、穎の発育不全に関わる各種の遺伝子と共に穂の形態形成を調べるための有用な素材となろう。

これまでに、連続戻し交雑法により、「台中65号」の遺伝的背景を有する各種の標識遺伝子の準同質遺伝子系統や「しおかり」を背景とする矮性遺伝子についての準同質遺伝子系統が作成された^{7,10)}。本研究に供試したAT系統はいずれも「キタアケ」から誘発された突然変異体であるので核ゲノムの遺伝構成は突然変異を起した遺伝子を除いて共通していると考えられる。二つ以上の突然変異が同時に生じている可能性もあるので、遺伝的背景は「キタアケ」と必ずしと同一であるとは言えないものの、同質遺伝子系統に近いとみなしてよいので、変異体と「キタアケ」を比較することにより、変異遺伝子の作用性を評価することができると考えられる。

今回の研究は規模が小さかったため、育種的に利用可能な素材はあまり生じなかったが、ガンマー線照射により突然変異体の頻度の増大することは明らかであり、さらに標識形質として役立つ主動遺伝子による変異も含まれていた。少なくとも今後の育種利用のためにきわめて有用な知見が得られた。

V. 摘 要

(1) 水稻品種「キタアケ」の葯培養において置床直後の葯および葯カルスにガンマー線照射を行い、 M_5R_5 世代の49系統(AT系統)について一般特性の変異と明確な突然変異形質の遺伝様式を調査した。

(2) AT系統(M_5R_5)では、選抜と自殖により変異形質が固定しており、 M_3R_3 世代と比較してもほぼ同一の頻度で変異がみられた。したがって、変異形質の多くは固定した遺伝変異と考えられる。

(3) 照射処理別に突然変異の誘発頻度を比較すると、葯培養単独の区では8.3%、20 kR あるいは30 kR のガンマー線照射区では23%以上の高頻度となった。特に、葯カルスへ20 kR を照射した区では最も高い変異率(43.5%)が得られた。

(4) AT系統における変異形質の頻度としては不稔性が一番高く、ついで矮性、粒大や穂数の増減、

短穂等を生じた。また、低頻度ながら晩生、褐斑葉、鎌いらずの如く標識形質となり得る突然変異も誘発された。

(5) AT-49 は短稈・短穂・穂数の増加する分げつ矮性型変異体である。AT-49×H-79 の交雑 F_2 集団では本形質に重複遺伝子の関与していることが示された。一方、「キタアケ」や *ws-5* との交雑 F_2 集団では、単純劣性遺伝子による分離も示されたので、「キタアケ」は分矮遺伝子の一方をあらかじめ劣性ホモで持っていたと考えられる。

(6) AT-52 の示す葉身、葉鞘に広がる小型褐斑については単純劣性遺伝子の関与が明らかになった。

(7) AT-127 の示す短穂は既知の短穂遺伝子(*sp*)との対立性検定により同座であることが明らかになった。

(8) AT-130 の晩生化に伴う小粒型には、単純劣性遺伝子が関与していた。既報の小粒遺伝子の多くは籾長に作用するものが多かったが、AT-130 の有する小粒遺伝子は籾長よりも籾幅を減少させる作用が顕著であった。

(9) AT-173 の鎌いらずについては、生育不良と不稔を伴っており、既知の *bc-1* とは異なる新しい単純劣性遺伝子が関与していた。

(10) AT-307 では穂の先端に発育不全穎花を着生する。しかし穂長以外には大きな影響を与えない。本形質にも単純劣性遺伝子が関与していた。

謝 辞

本研究の材料育成にご協力賜った北海道大学農学部助教授森宏一博士、北海道立北見農業試験場相川宗敏氏および北海道立上川農業試験場丹野久氏に感謝申し上げます。また、本研究の遂行にあたり、動力炉・核燃料開発事業団のご援助を賜った。ここに記して謝意を表する。

引用文献

1. 木下俊郎・森 宏一・相川宗敏・丹野 久：イネの葯培養とガンマー線照射による突然変異誘発。育種 **39** (別2)：386-387. 1989
2. ALLARD, R. W.: Formulas and tables to facilitate the calculation of recombination value in heredity. *Hilgardia* **24**: 235-279. 1956
3. SWANSON, E. B., M. P. COUMANS, G. L. BROWN,

- J. D. PATEL and W. D. BEVERSDOLF: The characterization of herbicide tolerant plants in *Brassica napus* L. after *in vitro* selection of microspores and protoplasts. *Plant Cell Reports* 7: 83-87. 1988
4. NOVAK, F. J., S. DASKALOV, H. BRUNNER, M. NESTICKY, R. AFZA, M. DOLEZELOVA, S. LUCRETTI, A. HERICHOVA and T. HERMELIN: Somatic embryogenesis in maize and comparison of genetic variability induced by gamma irradiation and tissue culture techniques. *Plant Breed.* 101: 66-79. 1988
5. 木下俊郎・高橋萬右衛門: イネの極小粒の遺伝. 育雑 24 (別1): 120-121. 1974
6. 武田和義・斉藤健一: 水稲実験系統 "Minute" に由来する小粒遺伝子の遺伝性と形質発現. 弘大農報 27: 1-29. 1977
7. KINOSHITA, T. and N. SHINBASHI: Identification of dwarf genes and their character expression in the isogenic background. *Jpn. J. Breed.* 32: 219-231. 1982
8. 岩田伸夫・大村 武: 相互転座法によるイネの連鎖分析. 育雑 21(1): 19-28. 1971
9. NAGAO, S. and M. TAKAHASHI: Trial construction of twelve linkage groups in Japanese rice. Genetical studies on rice plant, XXVIII. *J. Fac. Agr. Hokkaido. Univ.* 53: 72-130. 1963
10. 菊地治己・木下俊郎: 標識遺伝子に関する台中65号同質遺伝子系統における量的遺伝変異. 一稲の交雑に関する遺伝学的研究, 第XCIII報—北大農邦文紀要 15: 63-76. 1986
- (1989). In this paper, anthers inoculated on the medium and anther-derived calli were irradiated with acute and chronic gamma-rays with four kinds of doses shown in Table 1. It was noticed that induction of gametoclonal mutants were remarkably accelerated by gamma-irradiation with the dose of 20 kR or 30 kR in chronic gamma-rays.
- Agronomic characters were investigated in mutant lines (AT-lines) derived from M_5R_5 . Most of the AT-lines indicated genetic variations from the original variety. Seed sterility, dwarfness and grain size were frequently altered in AT-lines. Genic analyses indicated that most of the mutants in qualitative characters were due to single recessive genes respectively. Character expression and mode of inheritance in these characters are explained as follows;
- AT-49 was a dwarf mutant with short panicle and increased culm number and governed by a gene, $d(t)$.
- AT-52 showed small brown leaf spots on leaf blades and sheaths from juvenile stage to maturation and a gene, $bl(t)$ was to be responsible for the character.
- AT-127 was the short panicle mutant. Allelism test indicated that the causal gene of AT-127 was identical with sp (short panicle) belonging to chromosome 11.
- AT-130 showed small grains and late heading. A single recessive gene of AT-130 had pleiotropic effects on both spikelet length and width.
- AT-173 had brittle culm and was caused by the new gene different from $bc-1$ belonging to chromosome 3.
- AT-307 showed reduced spikelets on the tip of panicles and was governed by a single recessive gene.

Summary

Gamma-ray irradiations were applied for the first time for the anther culture of cv. Kitaake and investigated for their effects by Kinoshita *et al.*