



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	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：稲の交雑に関する研究、第XCIII報
Author(s)	菊地, 治己; KIKUCHI, Harumi; 木下, 俊郎 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 15(1), 63-76
Issue Date	1986-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12049
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(1)_p63-76.pdf



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

— 稲の交雑に関する研究, 第 XCIII 報¹⁾ —

菊地 治己²⁾・木下 俊郎

(北海道大学農学部作物育種学教室)

(昭和60年12月27日受理)

Quantitative Genetic Variation in Isogenic Lines of Taichung 65 for Marker Genes

— Genetical studies on rice plant, XCIII —

Harumi KIKUCHI and Toshiro KINOSHITA

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

緒 言

1つの遺伝子あるいは遺伝子群以外は同一の遺伝構成を有する同質遺伝子系統を作成して、当該遺伝子の多面作用等による形態形成に及ぼす遺伝子作用を調べる試みがなされている。すでに大麦では並・渦遺伝子¹²⁾、芒長遺伝子⁸⁾、早生¹⁷⁾、播性遺伝子¹⁸⁾ならびに糊粉層の着色遺伝子⁹⁾等に関する研究があり、イネでは胚乳糯性遺伝子^{3,5,7,14)}、早生遺伝子¹⁶⁾や雑種不稔性⁶⁾ならびに稔性回復に係わる遺伝子¹⁰⁾に関する研究などがある。

本研究においては、台湾省中興大学農学院の蔡国海博士が育成された各種の標識遺伝子についての同質遺伝子系統を用いて、それぞれの系統の反復親として用いられた「台中65号」と特性を比較して、標識遺伝子の多面作用等に基づく遺伝的変異を明らかにすることを目的としている。

これらの知見を総合することは単にイネの形態形成や生理作用に及ぼす遺伝子作用を知るためのみならず、選抜の効率化のために標識遺伝子を用いるような育種の利用の基礎としても重要である。本文に入るに先立ち、本実験に用いられた系統を快く分譲いただいた蔡国海博士に対して深甚なる謝意を表したい。

実験材料及び方法

供試系統の有する標識遺伝子、所属連鎖群、各系統の育成までに要した戻し交雑回数および遺伝子供与系統等を Table 1 に示した。

Ta-系統中には戻し交雑回数の少ないものも含まれている。これらについてはさらに「台中65号」へ戻し交雑を重ねつつあるが、少なくとも10回以上戻し交雑をすませてから同質遺伝子系統と称することとしたい。したがって、現在用いられている系統の中には「台中65号」の準同質遺伝子系統 (near-isogenic lines) とみなすべきものが多い。

材料の栽培には温室内での水耕栽培による。これは年次を変えても同一の栽培条件を利用できるので、誤差変動の制御に有効であった。

実験 1

1973年4月2日に Table 1 に示す13系統について、北海道大学農学部附属温室内において水耕栽培した。移植は4月29日、4ℓのポットに2本植えとした。供試個体数は1系統6個体であった。培養液の組成を Table 2 に示した。培養液の交換は週1回とし、その際 pH を 4.8~5.0 に調節した。出穂2週間後に培養液の供給を停止し、水道水のみで栽培した。これは遅発分げつを抑制

1) 北海道大学農学部作物育種学教室業績

2) 現住所 北海道立上川農業試験場, 078-02 北海道旭川市永山 6-18-302

Table 1. List of isogenic lines

Line No.	Name	Marker gene	Character expression	Linkage group	No. of backcrosses	Donor strain
Ta- 1	wx65 ₁₇	<i>wx</i>	Glutinous endosperm	I	17	Kinoshita-mochi
2	lg65 ₄	<i>lg</i>	Liguleless	II	4	H-79
3	Ph65 ₁₀	<i>Ph</i>	Phenol staining	II	10	P. T. B. 10
4	g65 ₈	<i>g-1</i>	Long sterile lemmas-1	IV	8	A-18
5	Rc65 ₆	<i>Rc</i>	Brown pericarp	IV	6	A- 5
6	gh65 ₃	<i>gh-1</i>	Gold hull & internode-1	VI+IX	3	H-75
7	nl65 ₆	<i>nl-1</i>	Neck leaf-1	VI+IX	6	H-69
8	bc65 ₈	<i>bc-1</i>	Brittle culm-1	XI	8	H-79
9	gl65 ₃	<i>gl-1</i>	Glabrous leaf and hull-1	VI+IX	3	—
10	la65 ₄	<i>la</i>	'Lazy' growth habit	VIII	4	H-79
11	d165 ₄	<i>d-1</i>	Daikoku dwarf	VI+IX	4	A-23
12	Rd65 ₁₁	<i>Rd(Rc)*</i>	Red pericarp and seed coat	III	11	P. T. B. 10

* Complementary action between *Rc* and *Rd*.

Table 2. Composition of culture solution

Chemicals	Element	Concentration
NH ₄ NO ₃	N	25 ppm
NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O	P	10 ppm
K ₂ SO ₄	K	40 ppm
CaCl ₂	Ca	40 ppm
MgSO ₄	Mg	10 ppm
FeCl ₃ ·6H ₂ O	Fe	2 ppm
MnCl ₂ ·4H ₂ O	Mn	0.5 ppm

Abbreviation

Abbreviation	Character
mSN	Spikelet number of mPL
1IN	1st internode length
2IN	2nd internode length
3IN	3rd internode length
4IN	4th internode length
1N%	Relative length of 1st internode
2IN%	Relative length of 2nd internode
3IN%	Relative length of 3rd internode
4IN%	Relative length of 4th internode
1LS	1st leaf sheath length
2LS	2nd leaf sheath length
3LS	3rd leaf sheath length
1LB	1st leaf blade length
2LB	2nd leaf blade length
3LB	3rd leaf blade length
BN	Number of 1st branches of mPL
SL	Spikelet length
SW	Spikelet width
GL	Grain length
GW	Grain width
100W	100 grain weight
HD	Days from sowing to heading
mHD	HD of the main stem
PN	Panicle number
NL	Number of leaves on the main stem
NI	Number of internodes

Table 3. Abbreviation of characters

Abbreviation	Character
\overline{PH}	Plant height (mean of 5 tillers)
PH	do. (the longest tiller)
mPH	Plant height of main stem
\overline{CL}	Culm length (mean of 5 tillers)
CL	do. (the longest tiller)
mCL	Culm length of main stem
\overline{PL}	Panicle length (mean of 5 panicles)
PL	do. (the longest panicle)
mPl	Panicle length of main stem
\overline{SN}	Number of spikelets per panicle (mean of 5 panicles)
SN	do. (the largest panicle)

するためである。なおポットは時々配置を換え相互遮蔽の生じないように留意した。

調査形質とその省略名を Table 3 に示した。形質調査では草丈の高い順に 5 本の稈を選び、草丈、穂長、1 穂粒数等をそれぞれ測定して、最大草丈 (PH), 最大穂長 (PL), 最大粒数 (SN) と共に平均草丈 (\overline{PH}), 平均穂長 (\overline{PL}), 平均粒数 (\overline{SN}) を算出した。出穂日は止葉からの穂の抽出した日とし、穎長は稔実良好な 10 小花について、護穎の基部より内穎の先端までを測定した。

実験 2

実験 1 に準ずるが、節間長は主稈について 0.5 cm 単位で測定した。上から第 1, 第 2, 第 3 節間とし、それ以下をまとめて第 4 節間とした。穎長の測定規準は実験 1 と異なり、1 個体あたり 5 小花の内穎長とした。

実験 3

実験 2 の水耕栽培に隣接して、土耕によるポット栽培

を行った。播種日は実験 2 と同様であったが、移植は 5 月 3 日とし、NPK 各 0.9 g 施肥した 3 ℓ のポットに各系統 4 個体を 1 ポット 2 本植えとした。

実験結果

1. 「台中 65 号」の特性の環境変動に関する検討

「台中 65 号」は台湾の 1 期作および 2 期作に共通して使用できる品種であるが、もし気象条件の著しく異なる北海道で栽培すると、かなり形質表現の異なることが予想される。予備実験として札幌の戸外条件で栽培すると出穂は 8 月下旬となり、播種より出穂まで 150 日以上を要した。また戸外での栽培ではほとんど採種不能であった。

19 種の量的形質について台湾と札幌での結果を文献的に比較照合した結果を Table 4 に示した。台湾の両作季の成績を札幌での成績と比較するならば、生育期間

Table 4. Agronomic characters of Taichung 65 in Taiwan and Sapporo

Character	Taichung 65		Sapporo
	1st crop in Taiwan ¹⁾	2nd crop in Taiwan ¹⁾	
Plant height (cm)	113.8 ²⁾	98.1 ²⁾	103.9±2.88 ³⁾
Panicle length (cm)	21.6±1.60 ⁴⁾	19.8±1.37	20.4±0.89
Internode length (cm)			
1st	42.8±3.02	36.7±3.15	40.3±2.42
2nd	21.8±1.37	21.6±1.48	19.7±1.01
3rd	13.3±1.45	12.7±1.00	15.5±1.93
4th	6.4±1.45	6.9±1.35	8.3±1.67
5th	1.0±0.50	1.5±0.66	2.2±2.22
Leaf sheath length (cm)			
1st	31.0±1.48	29.5±1.49	28.4±0.94
2nd	24.6±2.35	23.4±1.07	21.8±0.49
3rd	22.6±1.17	22.7±0.84	22.8±1.25
Leaf blade length (cm)			
1st	32.2±2.87	29.0±2.86	26.7±3.57
2nd	37.7±3.55	37.4±3.33	37.8±6.05
3rd	37.2±2.64	39.3±2.45	48.7±3.07
Spikelet No. per panicle	109.1±13.0	107.2±1.04	95.1±9.40
Panicle No. per plant	16.9±4.20	13.6±2.54	12.6±2.22
Spikelet length (mm)	6.91±0.08	7.04±0.06	6.44±0.09
Spikelet width (mm)	3.32±0.06	3.28±0.09	3.50±0.08
100 grain weight (g)	2.56±0.26	2.58±0.23	2.66±0.07
Days to heading	128.0	89.1	120.0±2.21

1) Data by TSAI (1972).

2) Mean of 30 plants.

3) Mean of 10 plants.

4) Standard deviation.

以外には顕著な差のみられないことがわかった。なお「台中65号」は1期作と2期作兼用のため異なる環境条件下での反復選抜によって育成された品種であり、作季による変動の少ないことが知られている。

札幌における成績では台湾の1期作に比較して下位節間などの幾分長くなる傾向以外には大きな差異は認められなかった。なお穎長と穎幅についての成績がかなり異なったのは、むしろ測定規準の違いによるものであろう。

各形質における個体間変異について、標準偏差を比べると、台湾における場合とほとんど変りがなく、これは水耕栽培によって精度が著しく向上したことによるとみられる。

このように温室条件の水耕栽培下では「台中65号」の特性が原産地における成績と比べて大きな差異がみられなかった。したがって、「台中65号」の同質遺伝子系統を用いた当地における実験の精度は台湾における場合とほとんど変りがなく、遺伝子作用の解析に関して信頼しうる成績の得られることが期待できる。

2. 各同質遺伝子系統の遺伝変異

(1) 一般特性

水耕栽培による実験1と実験2の成績のうち11形質

について分散分析を行なった結果を Table 5 に示した。実験1の穂数を除いた他の形質では、すべて系統間で有意となった。実験1と2では高い類似性が認められ、「台中65号」についての年次効果はほとんどみられなかった。各形質について「台中65号」と各同質遺伝子系統との間の平均値の差について、分散分析より得られた誤差分散から算出した LSD を用いて有意性検定を行なった。各系統の平均値の「台中65号」からの有意差を Fig. 1 に示した。

各遺伝子別に正常型(台中65号)との差に基づく遺伝子効果について述べる。

wx (胚乳糯性)

胚乳におけるアミロースを欠く糯型澱粉の生合成に関与する。花粉も糯性を示し、ヨートヨードカリ液により赤褐色に染まる⁴⁾。

実験2においては、平均粒数、最大粒数にそれぞれ有意差がみられた。これは実験2において Ta-1 (*wx*) の生育が劣っていたためと思われる。出穂日についても実験2では6日ほど早く、穎長も実験2で0.13 mmほど長かった。

これまで *wx* の多面作用について論争のみられた100

Table 5. Variance analysis of 11 characters in the Experiment 1 and 2

Character	Source of variance	EXP. 1			EXP. 2		
		D. F.	M. S.	F	D. F.	M. S.	F
PH	Line	10	148.5031	6.11**	12	2370.3906	255.12**
	Error	55	24.2986		91	9.2912	
PH	Line	10	137.0135	6.24**	12	2559.4557	303.39**
	Error	55	21.9734		91	8.4361	
PL	Line	10	5.2200	6.91**	12	148.9593	71.44**
	Error	55	0.7558		91	2.0851	
PL	Line	10	2.7760	2.54*	12	452.7206	229.13**
	Error	55	1.0909		91	1.9758	
SN	Line	10	1511.4112	17.36**	12	1893.6549	27.04**
	Error	55	87.0670		91	70.0307	
SN	Line	10	2041.8255	17.33**	12	2526.3333	18.46**
	Error	55	117.8076		91	136.8721	
HD	Line	10	48.7479	7.69**	12	89.5933	11.97**
	Error	55	6.3424		91	7.4835	
PN	Line	10	3.7830	1.57	12	18.9054	2.50**
	Error	55	2.4127		91	7.5508	
SL	Line	10	0.2921	37.45**	12	3.9438	480.95**
	Error	55	0.0078		91	0.0082	
SW	Line	10	0.0327	11.28**	12	0.0476	15.35**
	Error	55	0.0029		91	0.0031	
100W	Line	10	4.8716	7.34**	12	110.2865	182.20**
	Error	55	0.6639		91	0.6053	

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

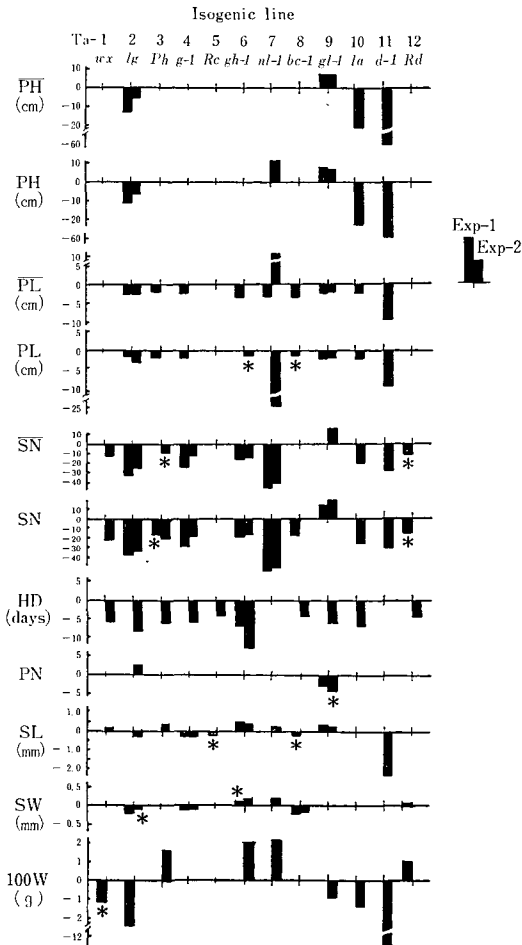


Fig. 1. Significant differences of isogenic lines from the mean of Taichung 65 (recurrent parent) in 11 kinds of agronomic characters.

* Significant at the 0.05 level. The other differences are significant at the 0.01 level. Non-significant differences are not indicated in histogram.

粒重については、実験1で0.123gほどの減少を示して5%水準で有意となったが、実験2では有意でなかった。

lg (無葉舌)

葉耳と葉舌を欠き、幼苗時に形質の判定ができる⁴⁾。

草丈、穂長、粒数、穎幅については「台中65号」に対して有意な減少を示した。出穂日、穂数および100粒重については実験1または2のみで有意差がみられた。このように *lg* の多面作用は顕著であった。

Ph (フェノール反応)

果皮と内外穎が共にフェノール液に反応して黒紫色を

呈する⁴⁾。

粒数および出穂日などに有意な減少がみられ、100粒重がやや増加する以外には明らかな傾向はみられなかった。

g-1 (長護穎)

護穎が異常に伸長し、しばしば内外穎と同程度の長さとなる⁴⁾。

粒数、穎長、穎幅が実験1と2で共に減少した。穎花が「台中65号」に比べて小型化するの、護穎の異常発達と関連があると考えられる。

Rc (種皮褐色)

Rc 単独では果皮に褐斑を生ずるが、*Rd* との共存下では赤米となる⁴⁾。

「台中65号」との間で特に明らかな差異のみられる形質はなかった。

gh-1 (穎および節間黄金色)

穎花、果皮、節間が黄金色に着色する⁴⁾。

粒数、出穂日、穎長および穎幅について実験1と2を通じて有意差が認められた。出穂日では7日~13日早まり、穎長の増加も明らかであった。

nl-1 (穂首苞葉)

穂の基部に苞葉と称する一種の過剰葉を生じ、俗に苞かむりとも言われる⁴⁾。

平均穂長については実験1と2の成績が大きく異なっていたが、これは実験1において極端に長い穂を除外したためである。もしこれらを加えるならば実験2と同様に穂長の増加する結果が得られた。また粒数の減少も顕著であった。穎幅は増大し、100粒重も実験2では増大した。

bc-1 (鎌いらす)

セルロースの構造が変化し、稈および葉身がもろく折れやすくなる⁴⁾。

穂長、粒数、出穂日、穎長、穎幅において実験1と2のいずれか一方か両方で差のみられる場合があったが、他の形質では差を生じなかった。

gl-1 (無毛)

穎花や葉面に毛茸をほとんど生じない。無毛の穎花や葉は粉塵が出ないので機械化収穫に適している⁴⁾。

穎幅を除くすべての調査形質で有意差がみられた。草丈、粒数、穎長では増加がみられ、逆に穂長、出穂日、穂数、100粒重では「台中65号」に比べて減少がみられた。なお「台中65号」にみられる弱い脱粒性がなくなり脱粒難となった。ただし、これが *gl-1* の作用によるかどうかは戻し交雑回数を進めて今後の検討にまつ必要がある。

la (もつれ)

負の屈地性(背地性)が不十分で直立できず、稈がそれぞれ放射状に広がって横臥した姿型となる⁴⁾。

穂数、穎長および穎幅以外の形質では顕著な差異がみられた。もつれ型は正常型に比べて生育習性が著しく異なるから、各種の形質に多面作用が現われるのは当然と言える。

d-1 (大黒型矮性)

濃緑色の粗剛な茎葉を有する典型的な矮性で、穎花も小型で、玄米は円く極めて小さい⁴⁾。

出穂日、穂数、穎幅以外の形質ではすべて顕著な差を生じた。*d-1*は草丈の矮化のみならず葉の剛性、直立性、小粒化、第2節間の非伸長性についての作用も顕著であり、各形質の減少率は他系統に比べてはるかに大きかった。

Rd (種皮赤色)

いわゆる赤米には *Rc* (色原素) と *Rd* (色素分布) の補足作用が関係している⁴⁾。したがって、Ta-12 の中には *Rc* と *Rd* が含まれている。

「台中65号」との間で実験1と2に共通して特に顕著な差異のみられる形質はなかった。

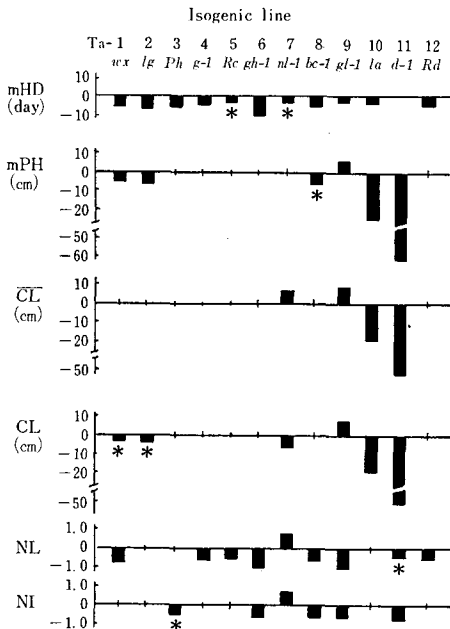


Fig. 2. Significant differences of isogenic lines from the mean of Taichung 65 (recurrent parent) in 6 plant characters.

* Significant at the 0.05 level, no mark; significant at the 0.01 level.

(2) 稈の構成形質

草丈と穂長について「台中65号」より有意差を示す系統が多かったので、さらに稈を構成する形質に分けて遺伝子作用を解析した。

Fig. 2 では6種の形質について各系統の「台中65号」よりの有意差を示した。主稈草丈(mPH)、平均穂長(\bar{CL})、最大穂長(CL)の3形質については、草丈(PH)についてこれまで得られたのとはほぼ同じ傾向が得られたが、*nl-1*が \bar{CL} およびCLに影響を与えた点が異なる。主稈出穂日は出穂日(HD)についての結果とほぼ同様で、*gh-1*は主稈で10日程出穂を促進した。主稈葉数(NL)は「台中65号」では15枚であったが、*gl-1*と*gh-1*は1枚ずつ減少し、その他でもやや減少する傾向が多かった。

節間数(NI)については多くの系統で伸長節間数が4と5個の個体が混在していて、「台中65号」に比べ4個の比率が多くなっていた。

16形質の間で相関関係を調べたのがTable 6である。NI-NL、NI-41NおよびHD-mHDで高い正の相関が

Table 6. Correlation coefficients related to heading date (HD), HD of main stem (mHD), number of leaves in the main culm (NL) and number of internodes (NI)

Character	Character			
	HD	mHD	NL	NI
PH	-0.18	-0.12	-0.06	0.17
mPH	-0.20	-0.17	-0.05	0.18
mCL	-0.27	-0.22	-0.14	-0.10
1IN	-0.41	-0.48	-0.51	-0.34
2IN	-0.45	-0.43	-0.29	-0.08
3IN	-0.03	-0.06	0.10	0.17
4IN	0.32	0.42	0.57*	0.78**
1LS	-0.26	-0.25	-0.28	-0.11
2LS	-0.35	-0.30	-0.19	-0.01
3LS	-0.30	-0.30	-0.24	-0.11
1LB	-0.41	-0.44	-0.56*	-0.43
2LB	-0.46	-0.52	-0.66*	-0.56
3LB	-0.22	-0.32	-0.39	-0.32
NI	0.33	0.45	0.70**	
NL	0.46	0.55		
mHD	0.80**			

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

あり、出穂の早いものほど節間数や主稈葉数の減少する傾向がみられた。そのほか、NL-1LB, NL-2LB, NI-1LS の間にもそれぞれ有意な相関係数が得られた。しかし、その他の形質間では相関がみられず、一般に茎葉各部の変化の間にはあまり密接な関係はみられなかった。

茎葉の構成形質については Fig. 3 に示した。mCL については \bar{CL} , CL とほぼ同様であったが、*lg* は有意でなかった。*nl-1* では 1IN, 2IN, 4IN の各節間長および 1LS, 3LS の各葉鞘長, 1LB, 2LB, 3LB の各葉身長において、いずれも有意差を生じ、*bc-1* では 1LS と 3LB, *gl-1* では 1IN, *la* では 1IN 以外の各節間, 3LS 以外の葉鞘長でそれぞれ減少がみられた。また *d-1* ではすべての節間, 葉鞘, 葉身長が顕著に減少した。

次に節間長比¹⁾について解析を加えた「台中 65 号」よりの平均値の増減 (Table 7) と各節間長比に与える遺伝子の効果を示す Fig. 4 を通じて、*nl-1* と *d-1* が最も

Table 7. Differences of relative internodes from Taichung 65

Line No.	Marker gene	Relative internode length			
		1IN%	2IN%	3IN%	4IN%
Ta-1	<i>wx</i>	2.95	2.29	-3.19**	-2.55
2	<i>lg</i>	-1.67	3.37*	-1.01	-1.08
3	<i>Ph</i>	-1.96	2.02	-2.13*	-2.84
4	<i>g-1</i>	1.91	2.81	-1.26	-3.19*
5	<i>Rc</i>	2.55	2.45	-2.96**	-3.65*
6	<i>gh-1</i>	1.78	4.58**	-2.06*	-4.94**
7	<i>nl-1</i>	-18.15**	-0.83	1.79	13.41**
8	<i>bc-1</i>	2.24	3.30*	-1.34	-2.08
9	<i>gl-1</i>	-4.16**	2.99*	2.11*	-1.49
10	<i>la</i>	6.15**	2.36	-5.35**	-4.29**
11	<i>d-1</i>	15.99**	-16.89**	2.62*	-4.28**
12	<i>Rd</i>	3.04*	2.98	-2.64**	-4.50**
Taichung 65		45.86%	22.40%	18.59%	13.34%

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

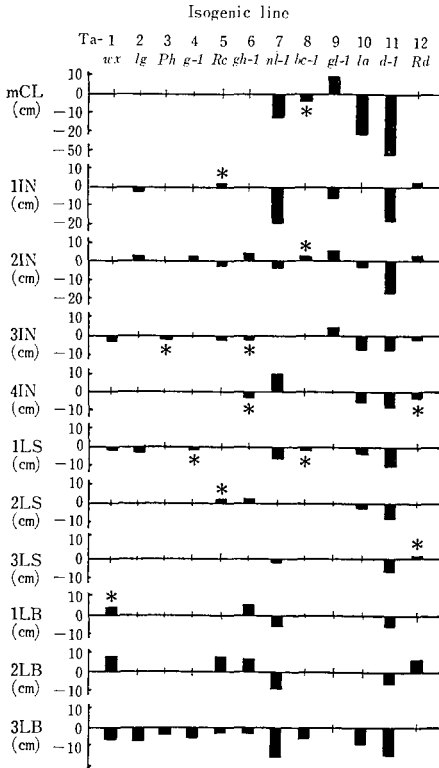


Fig. 3. Significant differences of isogenic lines from the mean of Taichung 65 (recurrent parent) in culm and leaf characters.

* Significant at the 0.05 level, no mark; significant at the 0.01 level.

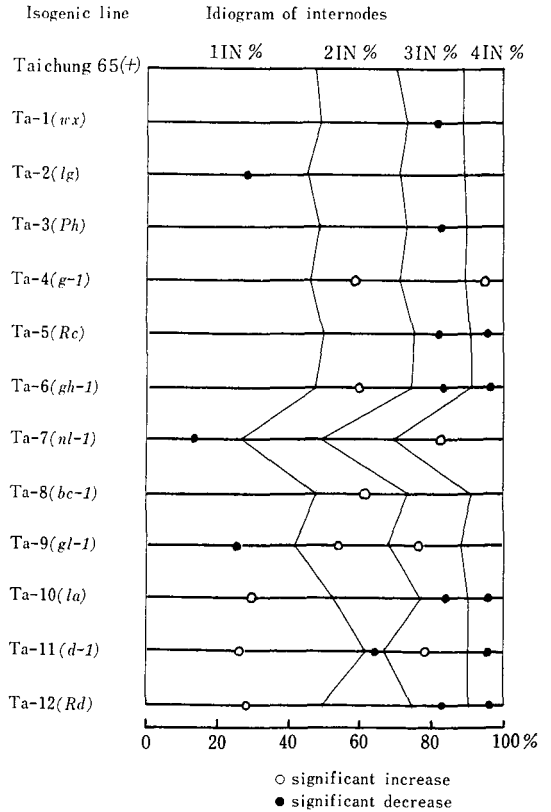


Fig. 4. Idiogram of relative internode length in 13 isogenic lines.

節間長比に大きな影響を与えることがわかった。

gl-1 では草丈が「台中65号」より高くなり、第2、第3節間長が長くなったために第1節間の節間長比が減少した。

(3) 穂部構成形質

穂長や粒数においても「台中65号」との間で有意差を示す系統が多かった。主稈の穂長(mPL)、主穂の1穂粒数(mSN)、1次枝梗数(BN)について「台中65号」との有意差を Fig. 5 に示した。また1次枝梗数あたりの着粒数(mSN/BN)も含めてある。mPLは $\bar{P}L$, PL とほぼ同様の傾向を示したがいずれも戻し交雑回数の少いことから多面作用によるか否かは明らかでない。mSNは *wx* と *gl-1* 以外のすべてで「台中65号」より減少した。一次枝梗あたりの着粒数は *wx*, *lg nl-1* および *la* の各系統では明らかに少なくなり、他は「台中65号」とあまり変わらない粒数であった。

mPL, mSN および BN と茎葉構成形質との相関関係を Table 8 に示した。表現型相関係数では BN と mSN, mCL, 2IN および 3LB との間でそれぞれ有意な正の相関関係が得られ、遺伝相関においては mPL と 4IN, mSN と 1IN, 1LS, 3LB, BN との間で、BN では 4IN と mPL を除く全形質との間で正の高い相関係数が算出された。このように一次枝梗数が茎葉部の諸形質と密接な関係にあることがわかった。

(4) 玄米の大きさ

玄米長(GL)と玄米幅(GW)について各系統の平均値

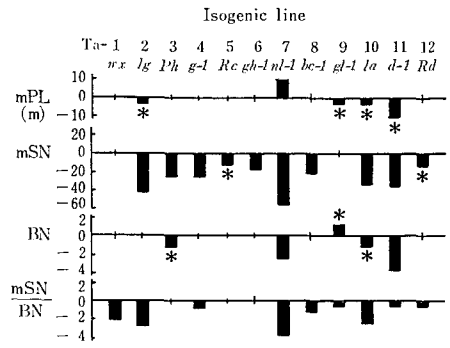


Fig. 5. Significant differences of isogenic lines from the mean of Taichung 65 (recurrent parent) in 4 kinds of panicle characters.

* Significant at the 0.05 level, no mark; significant at the 0.01 level.

ならびに「台中65号」との差異を Table 9 に示した。

wx は先に穎長(SL)、穎幅(SW)において「台中65号」と有意差がみられなかったにも拘らず、GLとGWは共に有意に減少した。すなわち、「台中65号」の玄米に比べて、GLで約97.8%、GWで97.3%に減少した。Ta-1(*wx*)では「台中65号」へ戻し交雑を17回しているから、ここにみられた玄米の小粒化は *wx* の多面作用によると見てよい。

wx 以外では *lg* と *g-1* によって玄米の大きさの減ずる傾向がみられた。*g-1* では穎花の大きさの減少に伴っ

Table 8. Correlation coefficients between panicle and culm characters

Character ¹⁾	Phenotypic correlation			Genetic correlation		
	mPL	mSN	BN	mPL	mSN	BN
mCL	0.357	0.443	0.576*	0.440	0.536	0.831
1IN	-0.041	0.521	0.539	-0.120	0.683	0.788
2IN	0.332	0.372	0.553*	0.378	0.477	0.809
3IN	0.310	0.381	0.415	0.481	0.501	0.704
4IN	0.531	-0.054	0.079	0.912	-0.220	0.088
1LS	0.028	0.191	0.210	0.209	0.678	0.870
2LS	0.426	0.235	0.434	0.556	0.334	0.674
3LS	0.297	0.363	0.510	0.364	0.448	0.739
1LB	0.028	0.191	0.210	-0.036	0.407	0.512
2LB	0.077	0.288	0.347	-0.219	0.561	0.646
3LB	0.057	0.641	0.568*	-0.078	0.869	0.873
BN	0.006	0.755**		0.116	0.848	
mSN	-0.153			-0.232		

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

Table 9. Mean values of grain characters and differences from Taichung 65

Line No.	Marker gene	Grain length (GL)		Grain wide (GW)	
		Mean	Diff.	Mean	Diff.
Ta-1	<i>wx</i>	4.92	-0.11**	2.92	-0.08**
2	<i>lg</i>	4.95	-0.08*	2.94	-0.06*
3	<i>Ph</i>	5.10	0.06	2.98	-0.02
4	<i>g-1</i>	4.81	-0.22**	2.91	-0.09**
5	<i>Rc</i>	5.01	-0.03	3.00	0.00
6	<i>gh-1</i>	5.54	0.51**	3.06	0.06*
7	<i>nl-1</i>	5.12	0.09*	3.05	0.05
8	<i>bc-1</i>	4.98	-0.06	3.00	0.00
9	<i>gl-1</i>	5.37	0.33**	2.85	-0.15**
10	<i>la</i>	4.98	-0.05	2.96	-0.04
11	<i>d-1</i>	2.83	-2.20**	3.01	0.01
12	<i>Rd</i>	5.03	-0.01	3.02	0.02
Taichung 65		5.03		3.00	

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

Table 10. Correlation coefficients among grain characters

Character	Character			
	SW	GL	GW	100W
Spikelet length (SL)	0.073	0.980**	0.054	0.932**
” wide (SW)		0.011	0.707*	0.163
Grain length (GL)			0.078	0.924**
” wide (GW)				0.045

て小粒化し、これに対して、*gh-1* では GL と GW が共に増加する傾向がみられた。*nl-1* も GL のみを増加せしめる作用がみられ、*gl-1* では SL と同様 GL にも増加がみられたが、GW は逆に減少した。*d-1* は SL が極端に減少するとともに、GL にも同様の効果がみられた。しかし、GW はほとんど変らなかった。

Table 10 に示す形質間の相関係数 (表現型相関) では GL-SL, GW-SW, GL-100 粒重 (100 W), SL-100 W で有意な相関関係がみられ、GL-SW, GL-GW, SL-SW, GW-100 W, SW-100 W 間では関係がみられなかった。玄米の長さとは幅はそれぞれ別個の要因の影響を受けると考えられる。

3. 苞被遺伝子による形質発現の不安定性

nl-1 は止葉内に過剰の苞葉を生じ、穂長を長く、粒数

を減少させる効果がみられた。過剰葉の発現にはかなりの不安定性がみられ、環境条件によって形や大きさが著しく変動した。

Ta-7 (*nl-1*) と「台中 65 号」について、それぞれ全分げつ稈の平均穂長 (mPL) を 10 個体平均により算出し、変異幅と変動係数を Table 11 に示した。なお測定した分げつ総数は Ta-7 (*nl-1*) で 11.3 本、「台中 65 号」で 12.5 本であった。そのほか個体内の全分げつ稈の変異幅もかなり異なった。個体内の変動係数も Ta-7 (*nl-1*) では著しく大きかった。

穂長の頻度分布は一見して差異が明らかで変異幅も著しく大きかった (Fig. 6)。なお分げつ中には第 1 節間が全く伸長しなかったり、止葉葉鞘と第 2 葉鞘が融合して葉身部分のみ分離したものなどが含まれ、形態形成の不

Table 11. Panicle length of Ta-7 (*nl-1*) and Taichung 65

Ta-7 (<i>nl-1</i>)					
Plant No.	mPL	Mean for all panicles on plant	Range of variation	Coefficient of variability	Panicle No.
1	20.0	26.99	15.4-42.3	36%	13
2	40.5	25.44	15.7-46.4	33	10
3	24.0	31.29	18.1-45.4	24	14
4	42.0	32.70	20.2-42.0	28	7
5	33.2	29.90	19.8-52.0	32	14
6	50.0	31.26	15.2-50.0	39	14
7	19.3	31.58	16.8-46.4	35	13
8	20.2	28.89	18.2-48.4	33	10
9	51.5	25.34	19.0-51.5	11	8
10	29.5	29.75	17.6-47.0	32	10
Mean	33.02	29.31	17.6-47.1	30.3	11.3
Taichung 65					
1	20.0	18.63	15.3-21.4	12%	11
2	21.5	19.79	15.6-21.5	8	15
3	21.5	19.52	17.5-21.5	6	10
4	21.3	18.70	14.2-21.3	12	13
5	23.1	20.50	13.4-23.1	10	15
6	23.1	18.65	14.3-23.1	10	13
7	21.8	18.82	13.4-21.8	12	15
8	21.5	18.27	14.6-21.5	11	9
9	20.9	20.41	18.9-21.5	4	11
10	21.0	19.09	14.4-21.0	11	13
Mean	21.57	19.24	15.2-21.8	9.6	12.5

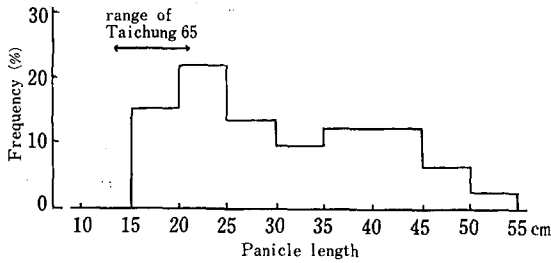


Fig. 6. Frequency distribution of panicle length in Ta-7 (*nl-1*).

Table 12. Spikelet numbers of Ta-7 (*nl-1*) and Taichung 65

Ta-7 (<i>nl-1</i>)				
Plant No.	mPL	Mean SN	Range of variation	Coefficient of variability
1	69	53.6	34-70	21%
2	47	43.1	25-62	27
3	67	50.6	29-67	23
4	65	43.5	28-65	27
5	56	44.5	10-58	30
6	41	37.4	15-53	28
7	74	42.8	24-74	52
8	45	37.3	21-58	36
9	64	51.9	34-70	23
10	61	47.9	36-78	27
Mean	58.9	45.3	25.6-65.5	29.4
Taichung 65				
Plant No.	mPL	Mean SN	Range of variation	Coefficient of variability
1	106	77.4	46-106	33
2	119	76.6	37-119	32
3	119	78.3	45-119	35
4	115	90.1	30-115	34
5	128	64.3	37-128	38
6	114	70.1	31-118	42
7	99	65.6	24- 99	34
8	122	86.2	69-122	21
9	114	64.3	27-114	39
10	112	65.6	31-112	34
Mean	114.8	73.9	37.7-115.2	34.2

規則性がしばしば見出された。また苞葉の大きさは温度によって影響されるので、温度反応についての検討も必要であろう。

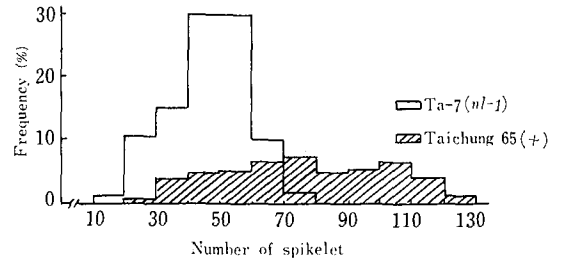


Fig. 7. Frequency distribution of spikelet number in Ta-7 (*nl-1*) and Taichung 65.

Table 13. Comparison of coefficient of variability (C. V.) between Ta-7 (*nl-1*) and Taichung 65

Character	C. V.	
	Ta-7 (<i>nl-1</i>)	Taichung 65
PH	14.9%	9.4%
CL	19.7	9.8
PL	31.5	10.2
mPL	37.5	4.1
SN	29.4	34.3
1IN	28.8	7.7
2IN	15.3	10.1
3IN	16.2	19.8
4IN	18.3	37.6

しかし、1穂粒数については全く反対の傾向が示された。「台中65号」の平均値と変異幅よりも著しく小さくなった (Table 12, Fig. 7)。

草丈、稈長、穂長、各節間長について個体内の変動係数を Table 13 に示した。SN、4IN 以外の形質では Ta-7 (*nl-1*) の方が大きい値を示した。このように Ta-7 (*nl-1*) は個体内の変動性を拡げる作用を有することが明らかとなった。

4. 土耕条件と水耕条件による特性比較

栽培条件を変えた場合の形質変動を調べるため、土耕条件でのポット栽培実験 (実験 3) を行った。分散分析の結果を Table 14 に示した。調査形質は草丈 (PH)、主稈長 (mCL)、1穂粒数 (mSN)、節間長 (IN)、穂数 (PN) および出穂日 (HD) の 10 形質で、*lg* を除く 11 種の同質遺伝子系統の平均値と「台中65号」について、それぞれ水耕条件 (実験 2) と土耕条件 (実験 3) の成績を Fig. 8 に示した。

栽培法の違いにより平均値に差がみられなかった形質

Table 14. Variance analysis of 9 characters in Experiment 3

Character	Source of variance	D.F	M.S	F	$h^2\%$ (1)
PH	Line	11	1008.9015	33.15**	88.9
	Error	36	30.4306		
CL	L.	11	974.5227	28.82**	87.4
	E.	36	33.8194		
mPL	L.	11	24.5170	6.70**	58.8
	E.	36	3.6570		
1IN	L.	11	184.8390	45.66**	91.8
	E.	36	4.0486		
2IN	L.	11	117.8249	64.21**	94.1
	E.	36	1.8351		
3IN	L.	11	52.1529	20.34**	82.9
	E.	36	2.5642		
4IN	L.	11	142.0811	4.92**	49.5
	E.	36	28.8578		
PN	L.	11	785.0511	8.35**	64.8
	E.	36	94.0625		
HD	L.	11	11.6515	8.65**	65.7
	E.	36	1.3472		

** Significant at the 0.01 level.

1) Heritability in broad sense.

加する傾向にあった。HD は土耕による遅延が大きかった。mPL も土耕条件の方で短くなり、また mSN は土耕条件で著しく減少した。これらの形質はいずれも環境の影響を受けやすいことが遺伝力の大きさからも明らかである (Table 14)。

土耕と水耕での標識遺伝子の作用性をみると、PH、mCL では両条件共に各遺伝子の効果がほとんど一致していて、mPL も効果の大きさが異なるものの大体平行的な関係を示した。mSN では mPL と同様であったが、*wx*, *gh-1*, *d-1*, *Rd* などの相対的效果は必ずしも一致していなかった。節間長、PN、HD および節間長比 (IN%) についても各遺伝子の作用は一致する 경우가多かったが、4IN、4IN% と HD ではむしろ土耕条件で変動が大きかった。

標識遺伝子の作用は、栽培条件を変えても形質の種類により安定している場合と、穂長、粒数などの如く変化の著しい場合があった。しかし、各遺伝子の効果の相対的關係が逆転する場合は少なかった。土耕と水耕のいずれの条件で変異が拡大するかは形質によって異なった。このように遺伝子の形質発現には環境条件と遺伝子型の相互作用がかなり複雑であると考えられる。

論 議

品種「台中 65 号」は台湾の蓬莱米であり 1 期作、2 期作を通じて、高い季節安定性と広域適応性を持つことが知られている。この遺伝的背景を有する同質遺伝子系統はすでに出穂期、雑種不稔性、細胞質雄性不稔性について育成され、それぞれの研究のために有効に用いられている。

「台中 65 号」を札幌における温室条件で水耕栽培したところ、ほぼ台湾におけると同様な成績が得られた。これは「台中 65 号」が感温性品種であるため、温室内の温度条件に恵まれると、元来有する広域適応性によって比較的安定した特性を示すためと考えられる。

本実験では変異しやすい量的形質について、誤差を少なくするという目的から水耕法を用い、ほぼ満足する結果を得た。また年次間変動も少なくすることができた。

標識遺伝子に基づくとみられる遺伝的変異は、*lg*, *gl-1*, *la* や *d-1* といった形態形成に係わる遺伝子を有する同質遺伝子系統において顕著であった。このような遺伝的変異に寄与する要因としては

- 1) 遺伝子の多面作用
- 2) 標識遺伝子とそれぞれの量的形質に関する遺伝子との完全に近い連鎖

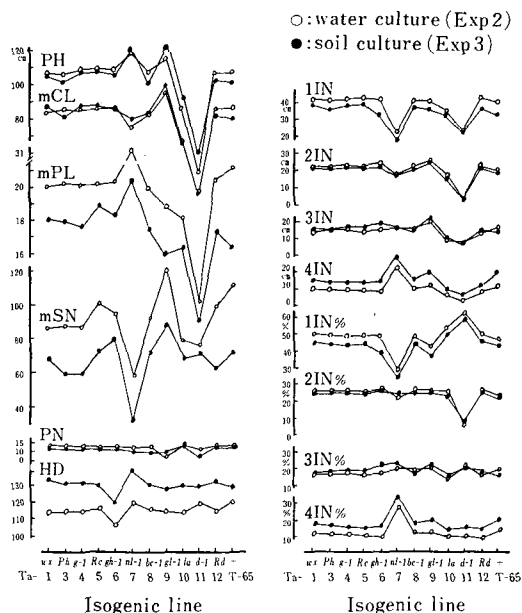


Fig. 8. Comparison of 14 characters between water solution and soil cultures.

には PH, mCL, 2IN, 3IN および PN の 6 形質があった。しかし 1IN は土耕 (実験 3) の方が水耕 (実験 2) に比べて減少し、逆に 4IN は土耕で水耕におけるより増

3) 戻し交雑回数の少ないために生ずる標識遺伝子とは独立の遺伝子(群)の混入の3点を考慮せねばならない。HANSON²⁾ および FISHER¹⁾ によれば, n 回の戻し交雑後に一回親よりの染色体部分が特定遺伝子の近傍にある確率はその染色体腕の遺伝的長さのおよそ $1/n$ である。したがって, 戻し交雑回数が十分でない場合には, かかる影響についても考えねばならない。特に対象が量的形質であるのでその影響を無視できないであろう。

この問題に関して QUALSET ら⁸⁾ は大麦の芒長遺伝子 (LK_1 , LK) の収量構成要素に対する影響を調べ, 芒の長さと同線的な回帰を示す形質についてみられる遺伝子の相加的効果を一応多面作用とみなしながら, 回帰が直線的でなく, 2つの遺伝子座について効果のみみられる形質の変化は芒長遺伝子座に近接した染色体部分の遺伝的活性によると考えている。しかし, 糊粉層の着色を支配する遺伝子については, その遺伝子の多面作用およびその近傍の染色体部分の遺伝的活性は非常に小さいことを報告している⁹⁾。

供試系統中 $gh-1$ と $gl-1$ については戻し交雑の回数が少ないので3)の可能性も無視できないと考えられる。しかし, 戻し交雑の進んだ他の系統については3)の効果はほとんど無視してよいが, 1)と2)の区別を本実験で分けることは困難であった。しかし, lg , $nl-1$, la , $d-1$ などについては, それらが稲体の形態的变化に関与する遺伝子であり, 一般量的形質についても比較的大きな効果を期待してよい。たとえば la , lg の如きは生育習性の変化で, 葉耳, 葉舌の欠損によって発育上に何らかの不利を生じ, その結果として各種の形質において減少効果のみみられたことも考えられる。また $nl-1$ では過剰葉の発生が幼穂形成における栄養生理的な競争効果を引き起す結果として, 粒数の減少を伴うと考えられる。

着色形質や生理的形質に関与する遺伝子においては一般形質への影響はあまり顕著でなかったが, これは大麦の場合と同様であった。また糯遺伝子については玄米に関する減少効果がみられた。岡⁵⁾ や蔡¹⁵⁾ は「台中65号」×「木下糯」の $B_7 F_3$, 小野沢¹⁷⁾ は「農林29号」×「埼玉モチ10号」の $B_3 F_3$ を用いて, 糯と粳系統の収量には差がみられないことを報告している。一方, 平田³⁾ は「青森糯14号」×「藤坂5号」の戻し交雑第6代までの各世代において, 武田ら^{13,14)} は分離集団の糯と粳玄米の比較により, 糯では玄米の大きさの減ずることを見出している。本実験の結果ではむしろ武田らの結果¹⁴⁾ を支持するが, 収量性については玄米の大きさ以外の要因が

働くので, 場合によっては差を生じないことも起り得る。

節間構成あるいは穂の構成にあずかる, いわゆる部分形質についても遺伝子作用は遺伝子の種類により多様であった。

本研究では, 同質遺伝子系統を利用したので, 今まで遺伝的背景の不齊一なために隠されていた遺伝子の効果を明らかにすることができたと考える。供試した標識遺伝子の中には選抜の指標として用いやすいものも含まれているから, 今後, 標識遺伝子の多面作用の効果を正しく把握することにより量的遺伝子と質的遺伝子の連鎖関係をたしかめ, これを利用して選抜の効率化を計るような育種方法の考究にも役立てたいと考えている。

摘 要

1. 「台中65号」の遺伝的背景を有する標識遺伝子の同質遺伝子系統を用いて, 各遺伝子の多面作用を明らかにした。

2. 「台中65号」を用いて, 温室内の水耕条件における生育特性を台湾における1期作, 2期作の成績と比較した結果, 実験の精度は台湾における場合に比べてほとんど変らぬことが示された。

3. 標識遺伝子の効果については形態変化を伴う $d-1$ (大黒型矮性) や lg (無葉舌), la (もつれ) では, 一般特性についてかなり大きな作用効果がみられた。また $gl-1$ (無毛) はむしろ草丈, 粒数を増大させた。 $nl-1$ (穂首苞葉) も穂長, 粒数にかなり顕著な影響を及ぼした。

4. 生理形質や着色形質を支配する遺伝子は形態的变化に係わる遺伝子よりも多面作用が少ないようであった。ただ wx (胚乳糯性) は玄米の大きさ, 100粒重を減少させる効果がみられた。 $gh-1$ (穎節間黄金色) も出穂日, 穎長, 粒数等に影響を与えたが, 戻し交雑回数が少ないためかも知れない。

5. 節間構成については, 「台中65号」に比べて伸長節間数4の比率の多くなる系統がみられ, 主稈葉数についても1枚位減少する系統が多かった。節間長比では $nl-1$ と $d-1$ の多面作用による影響が確かめられた。

6. 穂部の構成形質では穂長や主穂粒数などにおいて「台中65号」より有意差を示す系統が多く, 一次枝梗当たりの着粒数では wx , lg , $nl-1$ および la を有する系統において減少が大きかった。

7. 玄米の大きさでは $d-1$ の多面作用による影響がもっとも大であったが, 戻し交雑を17回くり返してある wx の同質遺伝子系統でも長さと同幅が減少した。おそらく wx の多面作用とみてよいであろう。その他 lg や

g-1 の各系統でも減少の傾向がみられた。

8. *nl-1* による過剰葉の発現にはかなりの不安定性があり、分けつ稈により第 1 節間が全く伸長しなかったり、止葉と第 2 葉の葉鞘部が融合したりする形態形成の不規則性を生じた。*nl-1* 系統では、草丈、稈長、穂長、第 1 節間長などで「台中 65 号」に比べて個体内の変動係数が大きくなった。

9. 全系統について土耕と水耕条件で比較栽培して、形質変動を調べ、主穂穂長、第 4 節間長、穂数および出穂日などでは栽培法による変動性の大きいことを認めた。しかし、標識遺伝子による作用性には両条件で大きな差はみられず、*wx*, *gh-1*, *d-1* および *Rd* を含む各系統での平均値の相対的關係に、やや変動が起こるようであった。

引用文献

1. FISHER, R. A.: The theory of inbreeding. (2nd ed. 1965), Oliver and Boyd, Edinburgh. 1949
2. HANSON, W. D.: Early generation analysis of lengths of heterozygous chromosome segments around a locus held heterozygous with backcrossing or selfing. *Genetics* **44**: 833-837. 1959
3. HIRATA, M.: Inheritance by backcrossing of some quantitative character in rice. 1. A comparison of characteristics in two varieties, Fujisaka No. 5 and Aomorimochi No. 14, and their F_1 plants up to the sixth repeatedly backcrossed generation. *Sci. Rep. Hirotsaki Univ.* **13**: 16-69. 1966
4. NAGAO, S. and M. E. TAKAHASHI: Trial construction of twelve linkage group in Japanese rice. *J. Fac. Agr., Hokkaido Univ.*, **53**: 72-130. 1963
5. 岡 彦一:モチ遺伝子の収量に対する影響. 育種, **9**: 60. 1959
6. OKA, H. I.: Analysis of genes controlling F_1 sterility in rice by the use of isogenic lines. *Genetics* **77**: 521-534. 1974
7. 小野沢芳郎: 戻し交雑によって育成した水稲モチ系統の生産力について. 育種, **10**: 261. 1960
8. QUALSET, C. O., C. W. SCHALLER and J. C. WILLIAMS: Performance of isogenic lines of Barley as influenced by awn length, linkage blocks, and environment. *Crop Sci* **5**: 489-493. 1965
9. QUALSET, C. O. and C. W. SCHALLER: Aleurone color and quantitative genetic variability in isogenic lines of barley. *Canad. J. Genet. and Cytol.* **8**: 584-591. 1966
10. SHINJYO, C.: Genetical studies of cytoplasmic male sterility and fertility restoration in rice. *Oryza sativa* L. *Sci. Bull. Coll. Agr. Univ. Ryukyus* **22**: 1-57. 1975
11. 高橋萬右衛門・武田和義: 節間長比の型による水稲品種の群別. (稲の交雑に関する研究 第 XXXVII 報) 北大農邦文紀要, **7**: 32-43. 1969
12. 高橋隆平・林 二郎・守屋 勇・下川 博: 過性遺伝子の大麦の生産形質に及ぼす影響. I 遺伝子の多面作用と遺伝的背景, 農学研究, **49**: 67-87. 1961
13. 武田和義: 糯硬性同質遺伝子イネ系統における玄米の登熟経過. 育種, **30**(4): 329-334. 1980
14. 武田和義・中山林三郎・斉藤健一: 糯硬性が玄米の大きさに及ぼす影響. 育種, **25**: 87-92. 1975.
15. TSAI, K. H.: Breeding of glutinous and early isogenic lines from a rice variety, Taichung No. 65. *J. Agr. Assoc. China, New Series* XXXV. 1961
16. TSAI, K. H. and H. I. OKA: Genetic studies of yielding capacity and adaptability in crop plant. 1. Characters of isogenic lines in rice *Bot. Bull. Acad. Sinica.* **6**: 19-31. 1965
17. 安田昭三・林 二郎: オオムギの極早生遺伝子の収量とその構成要素に及ぼす影響. 農学研究, **59**: 113-124. 1981
18. 安田昭三・沖永康男: 麦類の出穂生理とその遺伝 第 10 報 オオムギ春播性遺伝子の収量およびその構成要素に及ぼす影響. 農学研究, **56**: 143-154. 1977

Summary

It is important to elucidate the genetic variability caused by the pleiotropic actions and close linkages with marker genes as a basis of breeding science. A series of isogenic lines of Taichung 65 for 12 marker genes were grown in the green house for comparison with the recurrent parent, Taichung 65. For the accuracy of the experiments, it was confirmed that the characteristics of Taichung 65 in water solution culture in the green house is nearly equivalent with the records obtained in Taiwan except for a delay of heading date from the second cropping in Taiwan.

Through the experiments of two years it was shown that the genes for morphological traits such as *Ig* (liguleless), *g-1* (long sterile lemmas-1), *d-1* (daikoku dwarf) and *nl-1* (neck leaf-1) affected the various kinds of quantitative characters and the

pleiotropic action of *wx* (glutinous endosperm) was recognized in a decrease of the number of spikelets per panicle, a delay of heading date and a considerable decrease of 100 grain weights. In contrast with this, no marked effects were exhibited in the lines containing the physiological genes such as *Ph* (Phenol staining) and *Rc* & *Rd* (complementary genes for red rice).

As for the component characters of the culm, leaf and panicle, genetic variabilities were found in several isogenic lines. Relative internode patterns were remarkably altered by the actions of *d-1* and *nl-1* as explained earlier by TAKAHASHI and TAKEDA. The grain size was minimized by the action of *d-1* and the effect of *wx* was also detected by using the line which was developed by successive backcrossings more than 15 times. A slight diminution of grain length occurred in the lines having *lg* and *g-1*, while the grain length of *gh-1* and *gl-1* lines increased from the mean of Taichung 65.

The character expression of *nl-1* was variable even within an individual. A prominent modification occurred in the morphogenesis of additional and flag leaves showing the fusion of leaf sheath and the extreme shortening of the first internode. The plant and culm heights and the length of first internode in Ta-7 (*nl-1*) indicated a higher coefficient of variability than those of Taichung 65.

All isogenic lines and Taichung 65 were cultivated in both water solution and soil cultures in the green house. Several characters were consistent in both cultures, while the main panicle length, the fourth internode, the panicle number and the date of heading were rather variable. The effect of marker genes was expressed mostly in a parallel relation in spite of culture methods.

It is worthwhile to detect the effects of marker genes not only for the studies on morphogenesis and metabolic pathway but also for practical breeding in order to raise the efficiency of selection by the aid of marker genes.

Explanation of Plate

1. Plant types of isogenic line in soil culture.
From left to right: Taichung 65 (recurrent parent), Ta-2 *lg* (liguleless), Ta-9 *gl-1* (glabrous leaf and hull).
2. Plant types of isogenic lines in soil culture.
From left to right: Taichung 65 (recurrent parent), Ta-10 *la* ('lazy' growth habit), Ta-11 *d-1* (*daikoku* dwarf).
3. Panicles showing neck leaf (*nl-1*).
4. a. glutinous (*wx*) and b. Non-glutinous (*wx+*) grains.

