ライコムギの育種学的基礎研究

I $2n=56$ を有するライコムギの外部形態並に細胞学的観察^{1)*}鈴木 道 雄^{**}

1. 緒 言

ライムギ (*Secale cereale*) とコムギ (*Triticum vulgare*) の複二倍体であるライコムギ (*Triticale*) が若しコムギの優良性とライムギの強健性を併有するならば、北海道の如き寒冷な地方にも特に有用な作物となる可能性がある。たまたま当教室長尾教授は京大、木原教授より端典の MÜNTZING 保有のライコムギ 6 系統の分譲を受けたのでこれを育種上の立場から取り上げ研究の素材とした。MÜNTZING はこの 6 系統の内の 1 系統 (*Triticale* C) に再びコムギを配して $2n=56$ の比較的安定性の高い系統を得ている。筆者はこれに 1055 の系統番号を附し、観察を行つた。

ライコムギに関する研究は WILSON (1876) の研究を以て嚆矢とし、以後 RIMPAU (1888), LEIGHTY & TAYLOR (1924), FLORELL (1933), TSCHERMAK (1931), MÜNTZING (1935, 1939) 等に依つて研究がなされて来た。我が国に於ても香川及び地崎 (1933), 中島 (1954) 等の報告がある。然し何れも諸外国及び日本の比較的暖地に於ける報告で北海道としては北大附属農場に於いて調査した (未発表) もの以外には未だ研究されたことがない。本文は筆者が前述のライコムギ (1055) について行つた研究結果の中、外部形態、交雑親和性、柱頭に於ける花粉の発芽、病害関係 (銹病) 及び細胞学的所見についてまとめたものである。本実験に対し終始御懇篤な御指導と激励を賜つた長尾教授に厚く感謝の意を表すると共に、実験遂行に協力された佐竹徹夫、齊藤健一の両氏及び種々助言を与へられた高橋助教授に厚く御礼申上げる。

2. 実験結果

対照としたライムギは本道に多く栽培されている秋播在来種、コムギは赤銹不知一号で、すべて鉢植えとし温室内で越冬せしめた。

1. 外部形態：諸形質の測定結果は第 1 表の如くで、ライコムギの稈長 (85.0 cm), 1 穂当着粒数 (8.7), 小穂当着粒数 (0.4) 及花粉稔性 (84.5%) はコムギよりも悪く、穂長 (10.3 cm), 1 穂当小穂数及び穂密度 (1.8) はコムギとライムギの間である。MÜNTZING (1939) の報告によると *Triticale* × *T. vulgare* の F_3 ($2n=56$) の草丈は 103.7 cm., 小穂当着粒数 0.62 であつて、筆者の場合より良好な結果となつている。この不一致の原因は目下の所不明であるが、外部形態の調査を総括すればライコムギはライムギよりむしろコムギに近い作物であると言える。藤吉・栗山 (1949) によればコムギとライムギの複二倍体を人為的に作出した場合に、その当初の世代の外部形態は両親の何れよりも巨態性を表すが、 F_2 になるとこの特性は失はれるという。

Table 2. Crossability among *T. vulgare*, *S. cereale* and *Triticale*.

	No. of flowers treated	No. of grains	Per cent of seed-setting
<i>S. cereale</i> × <i>S. cereale</i>	32	4	12.5
" × <i>T. vulgare</i>	33	0	0
" × <i>Triticale</i>	32	0	0
<i>T. vulgare</i> × <i>T. vulgare</i>	126	63	50.0
" × <i>S. cereale</i>	17	0	0
" × <i>Triticale</i>	16	1	6.2
<i>Triticale</i> × <i>T. vulgare</i>	1279	106	8.2
" × <i>S. cereale</i>	653	17	2.6
" × <i>Triticale</i>			

Table 1. Comparison of external characteristics of *T. vulgare*, *S. cereale* and *Triticale*.

	Length of stems (cm)	Length of spikes (cm)	No. of spikelets per spike	No. of grains per spike	No. of grains per spikelet	Pollen fertility %	No. of spikelets per cm. of spike
<i>T. vulgare</i>	97.1	9.3	14.5	21.3	1.4	96.0	1.5
<i>S. cereale</i>	155.0	12.4	32.6	31.3	0.9	95.0	2.6
<i>Triticale</i>	85.0	10.3	19.4	8.7	0.4	84.5	1.8

1) 北海道大学農学部育種学教室

* 昭和 30 年 3 月 10 日受領

** 北大農学部

2. 交雑試験 コムギ, ライムギ, ライコムギ相互間に正逆交雑を行つて第 2 表の結果を得た。交配処理花数に対する着粒歩合はコムギ × ライコムギ, ライムギ × ラ

イコムギに対して夫々 6.2%, 0% であつたがライコムギを母親とした場合は, コムギを配して 8.2%, ライムギを配して 2.6% の値を得た。即ちライコムギを母親とした場合が, 父親とした場合より良好な結果を示した。なおコムギ, ライムギ, ライコムギを夫々自殖及び開放授粉させた場合の小穂当着粒数は第3表の如くである。

Table 3. Seed setting in *T. vulgare*, *S. cereale* and *Triticale*

		No. of spikes	No. of spikelets	No. of grains	No. of grains per spikelet
<i>T. vulgare</i>	self	5	53	81	1.52
	open	9	131	192	1.46
<i>S. cereale</i>	self	5	85	1	0.01
	open	6	196	188	0.95
<i>Triticale</i>	self	55	917	413	0.45
	open	48	935	420	0.44

Table 4. Pollen germinating test on the stigma in *T. vulgare*, *S. cereale* and *Triticale*.

		No. of tests	germinating %
<i>T. vulgare</i>	neighbouring pollination	21	69.4
	cross pollination	16	63.9
<i>S. cereale</i>	neighbouring pollination	29	26.7
	cross pollination	23	43.4
<i>Triticale</i>	neighbouring pollination	18	22.5
	cross pollination	20	21.7
<i>Triticale</i> × <i>T. vulgare</i>	cross pollination	15	35.7
<i>T. vulgare</i> × <i>Triticale</i>	"	16	13.6
<i>Triticale</i> × <i>S. cereale</i>	"	29	40.2
<i>S. cereale</i> × <i>Triticale</i>	"	16	22.5

自殖性作物であるコムギは両者間で小穂当着粒数には大差なく(1.52;1.46), 他殖性作物であるライムギではこの間に大差を示したことは当然であるが, ライコムギはコムギと同様の傾向を示した。即ちライコムギはコムギに似て自殖性作物である。MÜNTZING (1939), FLORELL (1931) の研究結果も同様である。

3. 柱頭上に於ける花粉の発芽試験 柱頭上に於ける花粉の発芽力を調査するため, 開花間近い花の柱頭を子房と共に取り出し, これに花粉を散布し, 約 15 分後に cotton blue 液で固定, 染色して, 花粉発芽歩合を計算し第4表の結果を得た。ライコムギの隣花授粉(neighbou-

ring pollination) と他花授粉(cross pollination) の夫々の花粉発芽歩合は 22.5%, 21.7% で両者には大差なく, ライムギは夫々 26.7%, 43.4% で両者に差のあることを示し, コムギでは 69.4%, 63.9% でライコムギの場合と同傾向を示している。即ちコムギ, ライコムギはライムギと異なり, 花粉源の差による発芽率の差異はみとめられない。更にコムギ, ライムギ, ライコムギ三者相互間について言えば, ライコムギの柱頭にコムギ(35.7%)或はライムギ(40.2%)の花粉を配した場合の方が, この逆の場合よりも良好な発芽率を示した。(コムギ×ライコムギ 13.6%, ライムギ×ライコムギ 22.5%) これ等のことは交雑試験の際に見られた傾向とも一致する。

4. 銹菌接種試験 ライコムギには一種の赤銹病が発生する。特に 1952 年に著しい被害があつた。この菌は小麦赤銹病菌 (*Puccinia triticina* ERIKS,) 又はライ麦赤銹病菌 (*Puccinia dispersa* ERIKS,) に良く類似していたので, その何れによるものかを知るため接種試験を行つた。即ちライコムギ, コムギ, ライムギに各々, 自然に発生している夫々の夏胞子を別々に採集し, 蒸溜水に稀釈し (0.1³ 耗に 5~7 個), 播種後約 2 ヶ月をへた幼苗に散布した。接種後 1 昼夜 25°C, 湿度 100% の接種箱に入れ, その後温室に 7~10 日間放置した。3 種類の銹菌と 3 種の作物との 9 組合せの各々について病害の程度を夏胞子堆 (uredo-sorus) の皆無なものから殆んど全葉にこれが生じた場合迄 5 段階に分け (一, 土, 十, 十, 十, 十), 第5表の如き接種結果を得た。これによるとコムギより採集した銹菌はコムギには勿論ライコムギにも良く接種され, 明らかに夏胞子堆の形成が認められた。然るにライムギより採集した銹菌はライムギには良く接種されたが, コムギ, ライコムギの何れにも余り良く接種されず夏胞子堆の識別が困難であつた。更にライコム

Table 5. Inoculation experiment of urediospores

		<i>T. vulgare</i>	<i>S. cereale</i>	<i>Triticale</i>
<i>Puccinia triticina</i> ERIKS	1	+	±	十
	2	十	—	十
<i>Puccinia dispersa</i> ERIKS	1	—	+	±
	2	±	±	±
	3	±	±	±
Urediospores of <i>Triticale</i>	1	+	±	十
	2	十	—	十
	3	十	±	十

Uredo-sorus on the leaves are shown as follows:

—: non, ±: doubtful, +: slight, 十: severe, 十: very severe

ギより採集した銹菌はライムギの葉上では、夏孢子堆が皆無或は識別困難であつたがコムギ、ライコムギには良く形成された。以上の結果を総合するとライコムギの赤

Explanation of figures

Figs. 1-4. Somatic chromosomes in root tip cell of *Triticale* "1055". X1150.

1: C3, 2: C7, 3: D24, 4: D30 (smear preparation).

Figs. 5-17. Heterotypic division in PMCs of *Triticale* "1055". X600. 5: D30, $28\text{II}+0\text{I}$. 6: D24, $27\text{II}+2\text{I}$. 7: do. $26\text{II}+4\text{I}$. 8: do. $25\text{II}+6\text{I}$. 9: do. $1\text{III}+22\text{II}+9\text{I}$. 10: do. $1\text{IV}+25\text{II}+2\text{I}$. 11: do. $1\text{III}+24\text{II}+5\text{I}$. 12: do. $1\text{IV}+1\text{III}+24\text{II}+1\text{I}$. 13: do. $24\text{II}+8\text{I}$. 14: do. normal 1st ana-telophase. 15: do. 1st ana-telophase showing four divided. 16: do. 1st ana-telophase showing two univalents divided. 17: do. 1st ana-telophase showing 27-29 distribution.

銹病は小麦赤銹病菌によるものか、或はそれに近い菌によるものではないかと考えられるが、確実な同定は今後の研究にまかたい。

5. 細胞学的観察 花粉母細胞の固定、染色は夫々カルノア氏液、錯酸カーミンにより、根端細胞の観察にはナワシン氏液或は BENDA 氏液で固定し、パラフィン法或はフォイルゲン反応法による押潰標本を用いた。系統 1055 に属する 4 個体 (C3, C7, D24, D30) の体細胞染色体数は何れも 56 であつた。(Figs.1-4) (原倍率×2300)

前記 4 個体の成熟分裂第 1 中期の染色体は $2n$ 数として 56 が数えられ、22~28 個の二価染色体と 12~0 個の一価染色体を観察した (Figs.5~13) $28\text{II}+0\text{I}$ を示す正常な核板の出現頻度は 4 個体平均 48.89% で MÜNTZING (1939) (strain C に於て 46.15%), O'MARA (1940) (43.0%) の場合に比し安定度は僅かに高い。 $28\text{II}-25\text{II}$ を示す核板は 96.0% で中島 (1954) (91.8%) の材料より同じく高い。同氏の材料の接合型の mode は $27\text{II}+2\text{I}$ で四価染色体を稀に観察している以外筆者の場合の如く、種々の多価染色体は見えておらない。以上の接合様式を綜括すれば第 6 表の如くである。

Table 6. Type of chromosome association and frequency in *Triticale*.

	C3	C7	D30	D24	Total	Frequency
$28\text{II}+0\text{I}$	159	96	76	68	399	48.89
$27\text{II}+2\text{I}$	96	48	39	51	234	28.67
$26\text{II}+4\text{I}$	30	18	19	45	112	13.72
$25\text{II}+6\text{I}$	12	2	5	20	39	4.77
$24\text{II}+8\text{I}$	4	0	2	4	10	1.22
$23\text{II}+10\text{I}$	—	—	—	1	1	0.12
$22\text{II}+12\text{I}$	—	—	1	—	1	0.12
$1\text{III}+26\text{II}+1\text{I}$	3	1	2	—	6	0.73
$1\text{III}+25\text{II}+3\text{I}$	—	1	—	—	1	0.12
$1\text{III}+24\text{II}+5\text{I}$	—	—	1	1	2	0.24
$1\text{III}+22\text{II}+9\text{I}$	—	—	1	1	2	0.24
$1\text{IV}+26\text{II}$	2	2	—	1	5	0.61
$1\text{IV}+1\text{III}+24\text{II}+1\text{I}$	—	—	—	1	1	0.12
$1\text{IV}+25\text{II}+2\text{I}$	1	—	1	1	3	0.36
Total	307	168	147	194	816	
Frequency of $28\text{II}+0\text{I}$	51.7	57.1	51.7	35.0		

FLORELL (1936) は wheat-rye amphidiploid の MI に於て、染色体の形態、核板内の位置及び染色濃度で、7 個迄の二価染色体と区別してライムギの染色体であらうと推論しているが、筆者の場合、この差異を区別し得なかつた。

一価染色体の出現は、その不接合のために起る場合も見られたが (MÜNTZING (1939) はこの場合を見ている) 形態上から見て二価染色体が早期分裂したと思はれ

る場合もあった。三価及び四価染色体の形状は夫々棒状 V 字状及び Zig-Zag 状である。四価以上の多価染色体は見られなかつた(Figs. 10~12)。

第1分裂後期に於て両極へ 28~28 の如く正常に分裂する細胞 (Fig. 14) が最も多く (73.4%), 27~29 の場合も少数ながら見られ (Figs. 17), 又一価染色体が縦分裂する場合 (Fig. 15~16) も可成り多く見られた。このことは LEDINGHAM & THOMPSON (1938), VON BERG & OEHLER (1938), MÜNTZING (1939) 等の観察結果と同様である。

homotypic metaphase では 28 個の染色体を有する場合 (Fig. 19) が最も多く, 27 個 (Fig. 18), 29 個の場合も観察された。anaphase に於て lagging chromosomes が見られる場合 (Fig. 20) もあった。四分子は正常な型が大部分 (79.4%) であるが (中島 1954 は 95~99%), 不整型なもの (Fig. 21), 三分子より成るもの (Fig. 22, 24), 或は五分子のもの (Fig. 25) 又は核のないもの (Fig. 23) 等も見られた。

wheat-rye amphidiploid がその成熟分裂に多少の異常性を示すことは各研究者の一致した報告である (MÜNTZING 1935, 1939, VAKAR & KORT 1935, 中島 19

54)。この原因として環境による影響, ゲノムの平衡状態より見た生理的安定度等が考えられる。

これ等の問題は新作物として北海道に適したライコムギを育成する上に考慮すべき多くの問題を示唆するものであるが, これについては, 目下継続中の研究結果をまつて論議を加えたい考えである。

3. 摘 要

1. 使用した材料は (MÜNTZING 1939) の育成によるもので同氏は '*Triticale* C×Swedish wheat' の子孫より誘導されたものであると報告している。対照としたコムギ, ライムギは夫々赤錆不知一号, 秋播ライムギ在未種である。

2. 外部形態の測定結果, ライコムギはコムギに近い特性を有する。

3. コムギ及びライムギとの交雑試験によればライコムギを母として用いた方が良好な結実が得られた。且つ

Figs. 18-25. Homotypic division in PMCs and tetrads of *Triticale* "1055". X 600
 18: D 24. homotypic metaphase showing 27 chromosomes. 19: do. homotypic metaphase showing 28 chromosomes. 20: do. homotypic ana-telophase showing lagged. 21: do. anomalous type of tetrad. 22: do. tetrad, consisted of 3 cells. 23: do. tetrad, one cell without nucleus. 24: do. tetrad, consisted of 3 cells. 25: do. pentad having 7 micronuclei in tetrad stage, consisted of 4 large cells and a small one.

コムギと同様に自殖が可能である。

4. 柱頭上に於ける花粉の発芽試験では、交雑実験の場合と同様な傾向を示した。

5. 赤銹病菌の夏胞子の接種試験の結果、ライコムギに発生した銹病菌はコムギの赤銹病菌に類似していることを示した。

6. *Triticale* "1055" に属する4個体の体細胞染色体及び成熟分裂を観察した。 $2n=56$ で且つ M_I に於て $2n$ 数として 56 の染色体が数えられた。成熟分裂は多少不規則性を示した。

参 考 文 献

- BERG & OEHLER 1938. Untersuchungen über die Cytogenetik amphidiploider Weizen-Roggen-Bastarde. Züchter 10: 226~238.
 FLORELL, V. H. 1931. A genetic study of wheat-rye hybrids and back crosses. Jour. Agr. Res. 42: 315~339.
 FLORELL, V. H. 1936. Chromosome differences in a wheat-rye amphidiploid. Jour. Agri. Reseach.

52: 199~204.

藤吉正記・栗山忠己 1949, 小麦・ライ麦・間雑種の育成(第3報) F_2 植物に於ける花粉母細胞の観察, 九州農業研究 7: 39~40.

KRISHNASWAMY, N. 1939. Cytological studies in a haploid plant of *Triticum vulgare*. Hereditas 25: 77~86.

LEDINGHAM, G. F. and W. P. THOMPSON, The cytogenetics of nonamphidiploid derivative of wheat rye hybrids. Cytologia 8: 377~397.

MÜNTZING, A. 1935. Triple hybrids between rye and two wheat species. Hereditas 20: 137~160.

MÜNTZING, A. 1939. Studies on the properties and the ways of production of rye-wheat amphidiploids. Hereditas 25: 387~430.

NAKAJIMA, G. 1954. Genetical and cytological studies in the breeding of amphidiploid types between *Triticum* and *Secale* VI. Jap. Jour. Breeding 3: No. 3~4, 53~58.*

VAKAR, B. A. and KROT, E. G. 1933. A cytological study of constant wheat-rye hybrids. Cytologia. 5: 398~416.

Genetical and cytological studies on wheat-rye amphidiploid.

I. Observations of some external and cytological characteristics in *Triticale* "1055."

by Michio SUZUKI

(Dept. Plantbreeding, Faculty of Agriculture, University of Hokkaido)

Résumé

The present writer made observations on the external characteristics and the meiotic divisions of one line ("*Triticale* 1055") of wheat-rye amphidiploids which was derived from crossing the Russian *Triticale* (*Triticale* C) with a Swedish wheat variety (MÜNTZING 1939). The results obtained are summarized as follows:

1. The general external appearance of *Triticale* resembles much more to *T. vulgare* than to *S. cereale* as shown in Table 1.

2. The test of crossability among *T. vulgare*, *S. cereale* and *Triticale*, as shown in Table 2, resulted in better seed setting in the case of *Triticale* was crossed by *T. vulgare* as the male parent as well by *S. cereale* than the even reciprocal cases. In addition to this, through the seed-set-

ting test, wheat-rye amphidiploid is shown to be self fertile as in *T. vulgare* whereas *S. cereale* is self-sterile (Table 3.).

3. The results which were similar to the crossing test were obtained in pollen germination tests using the stigmata (Table 4).

4. According to the inoculation experiments of uredospores on leaves, as shown in Table 5, it can be considered that the fungus parasitic on wheat is also the same parasitic on *Triticale*.

5. The chromosome numbers of the somatic cells in four *Triticale* individuals (C 3, C 7, D 24, D 30) were determined to be 56 as shown in Figs. 1~4. Some irregular behaviors as shown in Table 6 and Figs. 5~13 were also found in the meiotic phase of pollen mother cells.